

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-295676

(43)Date of publication of application : 26.10.2001

(51)Int.Cl.

F02D 29/02
B60K 28/16
B60L 11/14
// B60K 6/02

(21)Application number : 2000-115229

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 17.04.2000

(72)Inventor : NADA MITSUHIRO

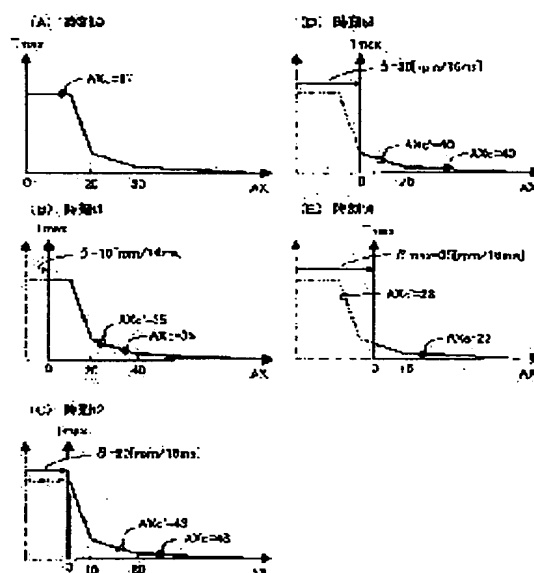
(54) SLIP CONTROL FOR VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the possibility of repeated occurrence and stop of a slip by controlling the torque of a driving wheel.

SOLUTION: When angular acceleration AX of the driving wheel exceeds a designated first threshold, torque limitation of the driving wheel is strengthened. After that, when the angular acceleration is lowered under the first threshold and a designated limitation relaxing condition is established, the torque limitation after strengthening is relaxed. The torque limitation is expressed by a graph, showing the relationship where higher the angular acceleration AX increases, as the lower the torque upper limit value T_{max} decreases. The strengthening and relaxation of torque limitation are performed, by moving the position of the torque axis in the state keeping the shape of the graph.

トルク制限の強化



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.09.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3371889

[Date of registration]

22.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The angular-acceleration test section which is the slip control unit used for a car equipped with at least one prime mover since a wheel is driven, and measures the angular acceleration of the driving shaft for transmitting the driving force supplied to said wheel, When said angular acceleration exceeds the 1st predetermined threshold, while strengthening the torque limitation of said driving shaft The slip control unit characterized by having the torque control section which eases the torque limitation after said strengthening when said angular acceleration falls under to said 1st threshold and predetermined limit relaxation conditions are satisfied.

[Claim 2] It is a slip control unit according to claim 1. Said torque limitation In the space top specified with the angular-acceleration shaft in which said angular acceleration is shown, and the torque shaft in which the upper limit of the torque of said driving shaft is shown It is expressed as a graph showing the relation in which said torque upper limit decreases as said angular acceleration increases. Strengthening of said torque limitation The slip control unit performed by moving the location of said torque shaft on said angular-acceleration shaft where the configuration of said graph is maintained.

[Claim 3] It is the slip control unit gradually performed in the period when it is a slip control unit according to claim 2 at, and, as for migration of said torque shaft in the case of strengthening of said torque limitation, said angular acceleration is over said 1st threshold.

[Claim 4] It is the slip control unit performed by being a slip control unit according to claim 2 or 3, and moving the location of said torque shaft on said angular-acceleration shaft after relaxation of said torque limitation has maintained the configuration of said graph.

[Claim 5] It is the slip control unit gradually performed in the period when it is a slip control unit according to claim 4 at, and, as for migration of said torque shaft in the case of relaxation of said torque limitation, said predetermined limit relaxation conditions are satisfied.

[Claim 6] It is a slip control unit according to claim 1. Said torque limitation In the space top specified with the angular-acceleration shaft in which said angular acceleration is shown, and the torque shaft in which the upper limit of the torque of said driving shaft is shown It is the slip control unit performed by changing the minimum value to which said angular acceleration can take strengthening and relaxation of said torque limitation on said graph by being expressed as a graph showing the relation in which said torque upper limit decreases as said angular acceleration increases.

[Claim 7] It is a slip control unit according to claim 1. Said torque limitation In the space top specified with the angular-acceleration shaft in which said angular acceleration is shown, and the torque shaft in which the upper limit of the torque of said driving shaft is shown It is the slip control unit performed by changing the maximum to which said torque upper limit can take strengthening and relaxation of said torque limitation on said graph by being expressed as a graph showing the relation in which said torque upper limit decreases as said angular acceleration increases.

[Claim 8] It is the slip control unit which controls the torque of said driving shaft so that it is a slip control unit according to claim 1 to 7, and the rotational frequency of said driving shaft does not exceed said upper limit, while setting a upper limit as the rotational frequency of said driving shaft, when said angular-acceleration test section exceeds the 2nd threshold have the rotational frequency test section which measures the rotational frequency of said driving shaft, and predetermined [section / said / torque control] in said angular acceleration.

[Claim 9] It is the slip control unit set up according to the value of the rotational frequency of said driving shaft at the specific time at the time of being a slip control unit according to claim 8, and said angular acceleration exceeding said 2nd threshold, as for the upper limit of the rotational frequency of said driving shaft.

[Claim 10] It is a slip control unit according to claim 8 or 9. Said car While having two prime movers, a motor and an internal combustion engine, as a prime mover for driving said wheel It has the power division device for

transmitting the driving force of said motor and said internal combustion engine to said driving shaft. Said torque control section While controlling so that the rotational frequency of said driving shaft does not exceed said upper limit by controlling the torque of said motor The slip control unit which makes said internal combustion engine operate in the state of an idling when the rotational frequency of said driving shaft exceeds said upper limit more than the specified quantity also by the torque control of said motor.

[Claim 11] Said torque control section is a slip control unit which eases said torque limitation irrespective of other conditions when it is a slip control unit according to claim 1 to 10 and the accelerator opening of said car is about 100%.

[Claim 12] It is the slip control unit which adjusts the degree of said torque limitation according to said accelerator opening when it is a slip control unit according to claim 11 and said torque control section has the accelerator opening of said car in the predetermined range near 100%.

[Claim 13] Said torque control section is a slip control device which eases said torque limitation irrespective of other conditions when it is a slip control device according to claim 1 to 12 and the predetermined torque control off switch is operated.

[Claim 14] The car characterized by having at least one prime mover and a slip control unit according to claim 1 to 13 since a wheel is driven.

[Translation done.]

*.NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the technique which controls the driving force of a wheel in consideration of a slip of a car.

[0002]

[Description of the Prior Art] The hybrid car equipped with an internal combustion engine and a motor as a prime mover is put in practical use. As a technique which controls a slip of a hybrid car, there is a technique indicated by JP,10-304514,A, for example. With this technique, when the rate of change of the angular rate of rotation (it is also called "angular acceleration") of a driving wheel is beyond a predetermined value, it predicts that a slip of a driving wheel is generated, and the torque of a motor is reduced. Consequently, the slip produced with the increment in the motorised force can be prevented.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With an above-mentioned slip control technique, if a slip of a driving wheel is generated, motor torque decreases, but if the angular rate of rotation falls after that, the increment in motor torque is permitted and a slip may be generated again. In such a case, generating and a halt of a slip are repeated. Since especially the responsibility of the change in the torque by the motor is quick, it is in the inclination which such a phenomenon tends to produce by the hybrid car. Such a problem had the case where it became a problem also in the car of not only a hybrid car but other classes.

[0004] This invention is made in order to solve the technical problem mentioned above, and it aims at offering the technique in which possibility that generating and a halt of a slip will be repeated by the torque control of a driving wheel can be reduced.

[0005]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] In order to attain the above-mentioned purpose, the slip control unit of this invention The angular-acceleration test section which is the slip control unit used for a car equipped with at least one prime mover since a wheel is driven, and measures the angular acceleration of the driving shaft for transmitting the driving force supplied to said wheel, When said angular acceleration exceeds the 1st predetermined threshold, while strengthening the torque limitation of said driving shaft When said angular acceleration falls under to said 1st threshold and predetermined limit relaxation conditions are satisfied, it is characterized by having the torque control section which eases the torque limitation after said strengthening.

[0006] With this configuration, since torque limitation is not eased only by the angular acceleration of a driving shaft becoming under the 1st threshold, but torque limitation is further eased when other predetermined limit relaxation conditions are satisfied after strengthening torque limitation, possibility that generating and a halt of a slip will be repeated can be reduced.

[0007] In addition, said torque limitation may be expressed as a graph showing the relation in which said torque upper limit decreases as said angular acceleration increases on the space specified with the angular-acceleration shaft in which said angular acceleration is shown, and the torque shaft in which the upper limit of the torque of said driving shaft is shown. At this time, strengthening of said torque limitation may be made to be performed by moving the location of said torque shaft on said angular-acceleration shaft, where the configuration of said graph is maintained.

[0008] If it carries out like this, it is possible to set up the suitable torque upper limit for preventing a slip according to the angular acceleration of a driving shaft.

[0009] Migration of said torque shaft in the case of strengthening of said torque limitation may be made to be performed gradually in the period when said angular acceleration is over said 1st threshold.

[0010] Since a torque upper limit will become small so that the period when the slip continued at and angular

acceleration is over the 1st threshold becomes long if it carries out like this, it is possible to stop a slip more efficiently.

[0011] Relaxation of said torque limitation may be made to be performed by moving the location of said torque shaft on said angular-acceleration shaft, where the configuration of said graph is maintained.

[0012] When carrying out like this and a slip stops, it is possible to ease torque limitation in a suitable form.

[0013] Moreover, migration of said torque shaft in the case of relaxation of said torque limitation may be made to be performed gradually in the period when said predetermined limit relaxation conditions are satisfied.

[0014] If it carries out like this, compared with the case where torque limitation is eased at once, it is possible to prevent the recurrence student of a slip more efficiently.

[0015] In addition, strengthening and relaxation of said torque limitation may be made to be performed by changing the minimum value which said angular acceleration can take on said graph.

[0016] Or strengthening and relaxation of said torque limitation may be made to be performed by changing the maximum which said torque upper limit can take on said graph.

[0017] Even if such, it is possible to set up the suitable torque limitation for preventing a slip.

[0018] In addition, said angular-acceleration test section has the rotational frequency test section which measures the rotational frequency of said driving shaft, and when said angular acceleration exceeds the 2nd predetermined threshold, while said torque control section sets a upper limit as the rotational frequency of said driving shaft, you may make it control the torque of said driving shaft so that the rotational frequency of said driving shaft does not exceed said upper limit.

[0019] If it carries out like this, it is possible to make a driving shaft slip continuously within the limits of a predetermined rotational frequency.

[0020] The upper limit of the rotational frequency of said driving shaft may be made to be set up according to the value of the rotational frequency of said driving shaft at the specific time at the time of said angular acceleration exceeding said 2nd threshold.

[0021] In this case, it is possible that the rotational frequency of the driving shaft at the specific time at the time of angular acceleration exceeding the 2nd threshold is a rotational frequency at the time of the slip not being generated. Therefore, if the upper limit of the rotational frequency of a driving shaft is set up according to the value of the rotational frequency at this time, it is possible to set up the upper limit of a suitable rotational frequency according to operational status.

[0022] Said car may have the power division device for transmitting the driving force of said motor and said internal combustion engine to said driving shaft while having two prime movers, a motor and an internal combustion engine, as a prime mover for driving said wheel. While controlling so that the rotational frequency of said driving shaft does not exceed said upper limit, when said torque control section controls the torque of said motor at this time, when the rotational frequency of said driving shaft exceeds said upper limit more than the specified quantity also by the torque control of said motor, you may make it make said internal combustion engine operate in the state of an idling.

[0023] If it carries out like this, it is possible to prevent that a motor carries out overspeed r.p.m.

[0024] When the accelerator opening of said car is about 100%, you may make it said torque control section ease said torque limitation irrespective of other conditions.

[0025] If it carries out like this, it is possible to perform operation which permitted the slip to escape, for example from the depressed ground of a bad road.

[0026] In addition, when the accelerator opening of said car is in the predetermined range near 100%, you may make it said torque control section adjust the degree of said torque limitation according to said accelerator opening.

[0027] If it carries out like this, it is possible to adjust extent of permission of a slip according to accelerator opening.

[0028] In addition, when the predetermined torque control off switch is operated, you may make it said torque control section ease said torque limitation irrespective of other conditions.

[0029] It is possible to perform operation which permitted the slip also by this configuration to escape from the depressed ground of a bad road.

[0030] In addition, this invention can be realized in various modes, for example, can be realized in modes, such as a computer program for realizing the function of the slip control unit of a car and an approach, the car using the control unit, its control unit, or the control approach, a record medium which recorded the computer program, and a data signal embodied in the subcarrier including the computer program.

[0031]

[Embodiment of the Invention] Next, the gestalt of operation of this invention is explained in order of the following based on an example.

A. hybrid car whole configuration: -- basic actuation [of B. hybrid car]: -- configuration [of C. control system]: -- 1st example [of D. slip control]: -- 2nd example [of E. slip control]: -- 3rd example [of F. slip control]: -- 4th example [of G. slip control]: -- H. modification: [0032] A. The whole hybrid car configuration : drawing 1 is the explanatory view showing the whole hybrid car configuration as one example of this invention. This hybrid car is equipped with an engine 150, the two a motor/generators MG1 and MG2, and three prime movers of **. Here, "the motor/generator" means the prime mover which functions also as a motor and functions also as a generator. In addition, below, since it is easy, these are only called a "motor." Control of a car is performed by the control system 200.

[0033] The control system 200 has Main ECU 210, the brake ECU 220, the dc-battery ECU 230, and the engine ECU 240. Each ECU is constituted as one unit by which two or more circuit elements, such as a microcomputer, and an input interface, an output interface, have been arranged on the one circuit board. Main ECU 210 has the motor control section 260 and the master control section 270. The master control section 270 has the function to determine controlled variables, such as allocation of three prime movers 150 and the output of MG1 and MG2.

[0034] An engine 150 is the usual gasoline engine and rotates a crankshaft 156. Operation of an engine 150 is controlled by the engine ECU 240. An engine ECU 240 performs control of the fuel oil consumption and others of an engine 150 according to the command from the master control section 270.

[0035] Motors MG1 and MG2 are constituted as a synchronous motor, and are equipped with Rota 132,142 which has two or more permanent magnets in a peripheral face, and the stator 133,143 around which the three phase coil 131,141 which forms rotating magnetic field was wound. The stator 133,143 is being fixed to the case 119. The three phase coil 131,141 wound around the stator 133,143 of motors MG1 and MG2 is connected to the secondary dc-battery 194 through the drive circuit 191,192, respectively. The drive circuit 191,192 is the transistor inverter which it equipped with one pair of transistor as a switching element at a time for every phase. The drive circuit 191,192 is controlled by the motor control section 260. If the transistor of the drive circuit 191,192 is switched by the control signal from the motor control section 260, a current will flow between a dc-battery 194 and motors MG1 and MG2. Motors MG1 and MG2 can also operate as a motor which carries out a rotation drive in response to supply of the power from a dc-battery 194, when Rota 132,142 is rotating according to external force (this operating state is hereafter called power running), can function as a generator which makes the both ends of the three phase coil 131,141 produce electromotive force, and can also charge a dc-battery 194 (this operating state is hereafter called regeneration).

[0036] The revolving shaft of an engine 150 and motors MG1 and MG2 is mechanically combined through planetary gear 120. the planetary carrier 124 with which planetary gear 120 have a sun gear 121, a ring wheel 122, and the planetary pinion gear 123 -- since -- it is constituted. By the hybrid car of this example, the crankshaft 156 of an engine 150 is combined with the planetary carrier shaft 127 through the damper 130. The damper 130 is formed in order to absorb twist vibration produced in a crankshaft 156. Rota 132 of a motor MG 1 is combined with the sun gear shaft 125. Rota 142 of a motor MG 2 is combined with the ring wheel shaft 126. Rotation of a ring wheel 122 is transmitted to an axle 112 and Wheels 116R and 116L through a chain belt 129 and a differential gear 114.

[0037] The rotational frequency sensor 144 of a measurement sake etc. is used for a control system 200 for the dc-battery sensor 196 for detecting the brake sensor 163 for detecting the accelerator sensor 165 for using various sensors, in order to realize control of the whole car, for example, detecting the amount of treading in of the accelerator by the operator, the shift position sensor 167 which detects the location of a shift lever, and the treading-in pressure of a brake, and the charge condition of a dc-battery 194, and the rotational frequency of a motor MG 2. Since it is mechanically combined with the chain belt 129, the ratio of the rotational frequency of the ring wheel shaft 126 and an axle 112 of the ring wheel shaft 126 and an axle 112 is fixed. Therefore, not only the rotational frequency of a motor MG 2 but the rotational frequency of an axle 112 is detectable by the rotational frequency sensor 144 formed in the ring wheel shaft 126.

[0038] B. Fundamental actuation of a hybrid car : in order to explain fundamental actuation of a hybrid car, below, explain actuation of planetary gear 120 first. Planetary gear 120 have the property in which the rotational frequency of the remaining revolving shaft is decided, if the rotational frequency of two of three revolving shafts mentioned above is determined. The relation of the rotational frequency of each revolving shaft is as a degree type (1).

[0039]

$$N_c = N_s \rho / (1 + \rho) + N_r / (1 + \rho) \quad \text{-- (1)}$$

[0040] Here, N_c is [the rotational frequency of the sun gear shaft 125 and N_r of the rotational frequency of the planetary carrier shaft 127 and N_s] the rotational frequencies of the ring wheel shaft 126. Moreover, ρ is the gear ratio of a sun gear 121 and a ring wheel 122 as it is expressed with a degree type.

[0041] $\rho = [\text{number of teeth of sun gear 121}] / [\text{the number of teeth of a ring wheel 122}]$

[0042] Moreover, the torque of three revolving shafts is not concerned with a rotational frequency, but has the fixed relation given by the degree type (2) and (3).

[0043]

$$T_s = T_c \rho / (1 + \rho) \quad \text{--- (2)}$$

$$T_r = T_c \rho / (1 + \rho) = T_s / \rho \quad \text{--- (3)}$$

[0044] Here, T_c is [the torque of the sun gear shaft 125 and T_r of the torque of the planetary carrier shaft 127 and T_s] the torque of the ring wheel shaft 126.

[0045] The hybrid car of this example can run in the various condition by the function of such planetary gear 120. For example, where [comparatively low speed] transit is begun, while the hybrid car had suspended the engine 150, it transmits and runs power to an axle 112 by acting as the power running of the motor MG 2. It may run carrying out idle operation of the engine 150 similarly.

[0046] If a hybrid car reaches a predetermined rate after transit initiation, by the torque outputted by acting as the power running of the motor MG 1, a control system 200 will carry out motoring of the engine 150, and will start. At this time, the reaction force torque of a motor MG 1 is outputted also to a ring wheel 122 through planetary gear 120.

[0047] If an engine 150 is operated and the planetary carrier shaft 127 is rotated, the sun gear shaft 125 and the ring wheel shaft 126 will rotate under the conditions with which are satisfied of upper type (1) - (3). The power by rotation of the ring wheel shaft 126 is transmitted to Wheels 116R and 116L as it is. The power by rotation of the sun gear shaft 125 can be revived as power by the 1st motor MG 1. On the other hand, if it acts as the power running of the 2nd motor MG 2, power can be outputted to Wheels 116R and 116L through the ring wheel shaft 126.

[0048] At the time of steady operation, the output of an engine 150 is set as a value almost equal to the demand power (namely, rotational frequency x torque of an axle 112) of an axle 112. At this time, a part of output of an engine 150 is told to the direct axle 112 through the ring wheel shaft 126, and the remaining output is revived as power by the 1st motor MG 1. Since the 2nd motor MG 2 generates the torque which rotates the ring wheel shaft 126, the revived power is used. Consequently, it is possible to drive an axle 112 with desired torque with a desired rotational frequency.

[0049] When the torque transmitted to an axle 112 runs short, torque is assisted by the 2nd motor MG 2. The power stored in the power and the dc-battery 149 which were revived by the 1st motor MG 1 is used for the power for this assistance. Thus, a control system 200 controls operation of two motors MG1 and MG2 according to the demand power which should be outputted from an axle 112.

[0050] The hybrid car of this example can also be gone astern, with the engine 150 operated. Operation of an engine 150 rotates the planetary carrier shaft 127 in the time of advance, and this direction. If the 1st motor MG 1 is controlled and the sun gear shaft 125 is rotated at a rotational frequency higher than the rotational frequency of the planetary carrier shaft 127 at this time, the ring wheel shaft 126 will be reversed in the go-astern direction a passage clear from an upper type (1). A control system 200 rotating the 2nd motor MG 2 in the go-astern direction, it can control the output torque and can reverse a hybrid car.

[0051] Planetary gear 120 are in the condition which the ring wheel 122 stopped, and can rotate the planetary carrier 124 and a sun gear 121. Therefore, an engine 150 can be operated also after the car has stopped. For example, if the remaining capacity of a dc-battery 194 decreases, a dc-battery 194 can be charged by operating an engine 150 and carrying out regeneration operation of the 1st motor MG 1. If it acts as the power running of the 1st motor MG 1 when the car has stopped, by the torque, motoring of the engine 150 can be carried out and it can start.

[0052] C. The configuration of a control system : drawing 2 is the block diagram showing the more detailed configuration of a control system 200. The master control section 270 includes master control CPU272 and the power control circuit 274. Moreover, the motor control section 260 has two motor control CPUs264,266 for controlling the motor main control CPU 262 and two motors MG1 and MG2, respectively. Each CPU is equipped with CPU, ROM and RAM, the input port, and the output port which are not illustrated, respectively, and constitutes 1 chip microcomputer with these.

[0053] Master control CPU272 determines controlled variables, such as three prime movers 150, a rotational frequency of MG1 and MG2, and allocation of torque, supplies various kinds of desired value to other CPUs and ECUs, and has the function which controls the drive of each prime mover. For this control, the accelerator position signals AP1 and AP2 which show accelerator opening, the shift position signal SP 1 which shows a shift position, and SP2 grade are supplied to master control CPU272. In addition, the accelerator sensor 165 and the shift position sensor 167 are duplex-ized, respectively, and supply two accelerator position signals AP1 and AP2 and two shift position signals SP1 and SP2 to master control CPU272, respectively.

[0054] The power control circuit 274 is a circuit for changing the high voltage direct current electrical potential difference of a dc-battery 194 into the low voltage direct current voltage for each circuits in Main ECU 210. This power control circuit 274 also has the function as a supervisory circuit which supervises the abnormalities of master control CPU272.

[0055] An engine ECU 240 is the engine output request value PE_{req} given from master control CPU272. It responds and an engine 150 is controlled. From an engine ECU 240, the engine speed RE_{ven} of an engine 150 is fed back to master control CPU272.

[0056] The motor main control CPU 262 supplies current desired value $I1_{req}$ and $I2_{req}$ to two motor control CPUs264,266 according to torque desired value $T1_{req}$ about the motors MG1 and MG2 given from master control CPU272, and $T2_{req}$, respectively. Motor control CPU264,266 controls the drive circuit 191,192 according to current desired value $I1_{req}$ and $I2_{req}$, respectively, and drives motors MG1 and MG2. From the rotational frequency sensor of motors MG1 and MG2, the rotational frequencies $REV1$ and $REV2$ of motors MG1 and MG2 are fed back to the motor main control CPU 262. In addition, the engine speeds $REV1$ and $REV2$ of motors MG1 and MG2, the current value IB from the dc-battery 194 to the drive circuit 191,192, etc. are fed back to master control CPU272 from the motor main control CPU 262.

[0057] A dc-battery ECU 230 accepts the need while supervising the charge condition SOC of a dc-battery 194, and it is the charge desired value CH_{req} of a dc-battery 194. Master control CPU272 is supplied. Master control CPU272 is this desired value CH_{req} . It takes into consideration and opts for the output of each prime mover. That is, when charge is required, larger power than an output required for transit is made to output to an engine 150, and the part is distributed to the charge actuation by the 1st motor MG 1.

[0058] A brake ECU 220 performs control which balances the hydraulic brake which is not illustrated and the regenerative brake by the 2nd motor MG 2. This reason is that regeneration actuation by the 2nd motor MG 2 is performed, and a dc-battery 194 is charged by this hybrid car at the time of a brake. A brake ECU 220 is based on the brake pressure force BP from the brake sensor 163, and, specifically, is the regeneration desired value REG_{req} to master control CPU272. It inputs. Master control CPU272 is this desired value REG_{req} . It is based, opts for actuation of motors MG1 and MG2, and the regeneration effective value REG_{prac} is fed back to a brake ECU 220. A brake ECU 220 is this regeneration effective value REG_{prac} and the regeneration desired value REG_{req} . Based on difference and the brake pressure force BP , the amount of brakes by the hydraulic brake is controlled to a suitable value.

[0059] As mentioned above, master control CPU272 opts for each prime mover 150 and the output of MG1 and MG2, and supplies desired value to ECU240 and CPU264,266 which take charge of each control. ECU240 and CPU264,266 control desired value ***** each of this prime mover. Consequently, a hybrid car can output and run suitable power from an axle 112 according to a run state. Moreover, at the time of a brake, a brake ECU 220 and master control CPU272 cooperate, and actuation of each prime mover or a hydraulic brake is controlled. Consequently, braking for which an operator is not made to sense sense of incongruity not much is realizable, reviving power.

[0060] Four CPUs272,262,264,266 supervise mutual abnormalities using the so-called watch locking-dog pulse WDP, and when abnormalities occur in CPU and a watch locking-dog pulse stops, they have the function to make the CPU supply and reset reset-signal RES . In addition, the abnormalities of master control CPU272 are supervised by the power control circuit 274.

[0061] The abnormality hysteresis registration circuit 280 has EEPROM282 for registering the hysteresis of an abnormal occurrence. The hysteresis of the abnormal occurrence of the accelerator sensor 165 or the shift position sensor 167 is registered into this EEPROM282. Moreover, the reset signals $RES1$ and $RES2$ transmitted and received between master control CPU272 and the motor main control CPU 262 are inputted into the input port of the abnormality hysteresis registration circuit 280. The abnormality hysteresis registration circuit 280 stores this in internal EEPROM282, if these reset signals $RES1$ and $RES2$ occur.

[0062] In addition, master control CPU272 and the abnormality hysteresis registration circuit 280 can perform various kinds of demands and notices mutually through the two-way communication wiring 214. Moreover, the two-way communication wiring 212 is formed also between master control CPU272 and the motor main control CPU 262.

[0063] D. The 1st example of slip control : drawing 3 is the block diagram showing the circuitry related to slip control. Master control CPU272 has the function as angular-acceleration decision section 272a, and the function as torque control section 272b. Angular-acceleration decision section 272a determines the rotational speed N of the 2nd motor MG 2, and the angular acceleration AX which is time amount change of rotational speed based on the signal $REV2$ supplied through the motor main control CPU 262 from the rotational frequency sensor 144. It is the unit [rpm] which shows the rotational frequency for 1 minute as a unit of rotational speed N here, for example. It is used. The rotational frequency sensor 144 measures rotational speed N every 16ms. In this case,

angular-acceleration decision section 272a calculates the average Nave of the past 3 times of the last rotational speed N (namely, moving average). And as shown in the following (4) types, it is this average Nave. It opts for change as angular acceleration AX.

[0064]

$AX(i) = Nave(i) - Nave(i-1) \quad \text{--- (4)}$

[0065] Here, AX (i) is the angular acceleration in time of day (i), and Nave (i) is the average of the rotational speed N in time of day (i-2), (i-1), and (i).

[0066] Since angular acceleration AX expresses change of the rotational frequency in every 16ms at this time, that unit is [rpm / 16ms]. However, it is possible to adopt the unit of the arbitration which shows time amount change of rotational speed as a unit of angular acceleration AX. In addition, in this specification, a rotational frequency, rotational speed, and angular velocity are synonyms. Moreover, roll acceleration and angular acceleration are also synonyms.

[0067] Torque control section 272b is based on the accelerator position signals AP1 and AP2 given from the accelerator sensor 165, the engine speed N given from angular-acceleration decision section 272a, angular acceleration AX, and the engine speed REVen of the engine 150 given from the engine ECU 240, and is torque command value T2req of the two motors MG1 and MG2, and T1req. Output request value PEreq of an engine 150 It determines.

[0068] The accelerator sensor 165 consists of two sensors 165a and 165b. As these sensors 165a and 165b, a potentiometer is available, for example. Torque control section 272b also has the function to determine accelerator opening (the amount of treading in of an accelerator pedal), based on the accelerator position signals AP1 and AP2 given from two sensors 165a and 165b.

[0069] Drawing 4 is the explanatory view showing an example of the torque command value / vehicle speed map set up according to the accelerator opening AOP. As shown in this example, the map in which the relation between the vehicle speed and the torque command value Tr (desired value of the torque which should be outputted to an axle) is shown is beforehand prepared about each value of the accelerator opening AOP. These maps are stored in ROM which is not illustrated for example, for master control CPU272. In addition, in this example, the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2 is used instead of the vehicle speed. Torque control section 272b determines the torque command value Tr from this map, and opts for three prime movers 150, the rotational frequency of MG1 and MG2, or allocation of torque according to this torque command value Tr and the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2. However, the torque of the 2nd motor MG 2 is restricted according to angular acceleration AX for slip control so that it may mention later.

[0070] The function of angular-acceleration decision section 272a and torque control section 272b is realized when master control CPU272 performs the program stored in ROM which is not illustrated.

[0071] In addition, the output shaft of the 2nd motor MG 2 is equivalent to the "driving shaft" in this invention, and the rotational frequency sensor 144 and angular-acceleration decision section 272a are equivalent to the "angular-acceleration test section" in this invention.

[0072] Drawing 5 is a graph which usually shows the torque limitation map of the 2nd motor MG 2 at the time of operation. As shown in this graph, it is the torque upper limit Tmax of the 2nd motor MG 2. It is set up so that it may decrease as angular acceleration AX becomes large. This reason is for making it a rotational frequency N not increase rapidly by restricting motor torque to a small value, when angular acceleration AX is large (namely, when the rate of increase of a rotational frequency N is large). It is possible to stop a slip, if rapid increase of a rotational frequency N is controlled.

[0073] Drawing 6 is the explanatory view showing the example which adjusts torque limitation according to change of motor angular acceleration in the 1st example of slip control. Angular acceleration AX is measured in the time of day t0 and t1 of a fixed period (specifically 16ms), and t2 ---. In the 1st example, a slip is detected using the following slip detection conditions S1.

[0074] (S1) Angular acceleration AX is the 1st one or more thresholds AXT.

[0075] As shown in drawing 6, torque limitation is strengthened in the period P1 when angular acceleration AX is maintained at the 1st one or more predetermined thresholds AXT. If angular-acceleration decision section 272a specifically judges that angular acceleration AX is over a threshold AXT1 in time of day t1-t4, it is the torque upper limit Tmax of drawing 5. Torque limitation is strengthened by moving a shaft rightward gradually.

[0076] Drawing 7 (A) - (E) is the explanatory view showing the situation of strengthening of the torque limitation in the period P1 of drawing 6. At the time of day t0 of drawing 6 $R > 6$, the activation angular acceleration AXc is 17 [rpm / 16ms], and since it is smaller than the 1st threshold AXT1 (= 20 [rpm / 16ms]), a torque limitation map is usually a passage (drawing 7 (A)). In addition, the angular acceleration measured at the time is meant in the activation angular acceleration AXc.

[0077] Since the activation angular acceleration AXc is over the threshold AXT1 at time of day t1, it is the

torque upper limit T_{max} . A shaft (it is only hereafter called a "torque shaft") moves only fixed distance rightward rather than an initial state (drawing 7 (B)). In this example, movement magnitude is 10 [rpm / 16ms]. In addition, the black dot shows the location of the present angular acceleration AX_c on the torque limitation map after a torque shaft moves, and the white round head shows the location of present acceleration AX_c' on the torque limitation map of an initial state. Torque upper limit [as opposed to / so that he can understand from this drawing / the activation angular acceleration AX_c with the torque limitation map after strengthening] T_{max} A value is set as a value lower than an early torque limitation map.

[0078] Also in the time of day t_2 , t_3 , and t_4 of drawing 6 , since the activation angular acceleration AX_c is over the threshold AX_{T1} , in each time of day, a torque shaft carries out sequential migration rightward. That is, 10 [rpm / 16ms] torque shaft moves every 16ms (drawing 7 (C) – (E)). [every] However, at time of day t_4 , the movement magnitude of the torque shaft from an initial state is restricted to maximum movement magnitude Δt_{max} (= 35 [rpm / 16ms]). Thus, the maximum of the movement magnitude of a torque shaft is restricted because it becomes impossible to almost drive an axle by the 2nd motor MG 2 irrespective of the value of angular acceleration AX if a torque shaft moves too much, since a torque upper limit becomes zero.

[0079] If the period when angular acceleration AX is over the threshold AX_{T1} continues for a long time so that he can understand from drawing 7 (E), it is the torque upper limit T_{max} from the case where an early torque limitation map is used. It is restricted to a quite small value. Consequently, it can prevent that the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2 (namely, rotational frequency of an axle 112) increases rapidly. For example, if a wheel slips and the rotational frequency of an axle 112 increases rapidly, the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2 will increase according to this. Since the torque of the 2nd motor MG 2 is restricted at this time as shown in drawing 7 (A) – (E), a slip can be stopped.

[0080] In this way, since angular acceleration AX becomes less than one threshold AX_T at time of day t_5 after torque limitation is strengthened with the time of day t_1 – t_4 of drawing 6 , a torque limitation map is maintained at the condition of time of day t_4 . Angular acceleration AX is less than one threshold AX_T , and that torque limitation is eased is the case where any one of the following limit relaxation conditions (M1a) – (M1c) is materialized.

[0081] (M1a) The difference of whenever [wheel speed / of a front wheel and a rear wheel] is zero mostly, and accelerator opening is not 0.

(M1b) Angular acceleration AX is zero or less.

(M1c) The vehicle speed is 30 or more km/h.

[0082] It is a time of the slip having stopped and the operator desiring acceleration that 1st limit relaxation condition M1a is materialized. Therefore, the torque limitation of the 2nd motor MG 2 is eased in this case. In addition, whenever [wheel speed] is measured by the wheel speed sensor which is formed in the front wheel and the rear wheel, respectively and which is not illustrated.

[0083] It is whether the rotational frequency N is maintained and a time of decreasing that 2nd limit relaxation condition M1b is materialized. Since the slip has usually stopped in these cases, torque limitation is eased also in this case.

[0084] That 3rd limit relaxation condition M1c is materialized is the case where a slip stops and the vehicle speed rises etc., after a slip takes place for example, at the time of start. Usually, since possibility that a slip will be generated again in such a case is low, torque limitation is eased also in this case.

[0085] When materialized more than period Δt of such three relaxation conditions M1 a–M1c predetermined [any one], it is judged that the slip has stopped and torque limitation is eased after that. For example, after the time of day t_6 of drawing 6 , if angular acceleration AX is maintained at negative only for between waiting periods P2 (Δt = about 200ms), torque limitation will be eased after the subsequent time of day t_{10} . The reason for having formed such a waiting period P2 is for preventing performing relaxation and strengthening of torque limitation repeatedly more effectively, while changing angular acceleration and the vehicle speed. However, a waiting period P is not indispensable and may be omitted.

[0086] Relaxation of torque limitation is performed by moving a torque shaft to left-hand side gradually in each time of day. The value smaller than the movement magnitude at the time of strengthening of torque limitation of the value of this movement magnitude is desirable, for example, it is set as 5 [rpm / 16ms]. This reason is that it is desirable to ease torque limitation gradually when preventing the recurrence student of a slip.

[0087] Drawing 8 is a graph which shows an example of change of the various parameters when not strengthening torque limitation mentioned above. If an operator breaks in an accelerator deeply suddenly as shown in drawing 8 (a), the torque of the 2nd motor MG 2 increases rapidly (drawing 8 (c)), a slip will be generated and the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2 will increase rapidly (drawing 8 (b)). Since the angular acceleration AX (not shown) of the 2nd motor MG 2 also increases rapidly at this time, according to the torque limitation map in drawing 5 , the torque command value of the 2nd motor MG 2 is restricted, and motor

torque falls rapidly (drawing 8 (c)). Consequently, a slip stops 1 ** and a rotational frequency N falls. However, since angular acceleration AX will also fall if a rotational frequency N falls, it is permitted that motor torque increases according to the torque limitation map of drawing 5 . If motor torque increases, a slip will be generated again and the motor rotational frequency N will increase. Thus, the phenomenon in which generating and a halt of a slip are repeated may arise only by using the torque limitation map of drawing 5 R> 5 .

[0088] Drawing 9 is a graph which shows an example of change of the various parameters at the time of strengthening torque limitation by the 1st example. Also in this example, if an operator breaks in an accelerator deeply suddenly as shown in drawing 9 (a) , the torque of the 2nd motor MG 2 increases rapidly (drawing 9 (c)), a slip will be generated and the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2 will increase rapidly (drawing 9 (b)). Since the angular acceleration AX (not shown) of the 2nd motor MG 2 also increases rapidly at this time, torque limitation is strengthened, the torque command value of the 2nd motor MG 2 is restricted, and motor torque falls rapidly (drawing 9 (c)). Consequently, a slip stops 1 ** and a rotational frequency N falls. It is almost the same as the case where it is shown in drawing 8 so far. However, in the 1st example, since the torque limitation after strengthening is not immediately eased, even if a slip stops and angular acceleration AX falls, the rise of torque is restricted. Consequently, possibility that the phenomenon in which generating and a halt of a slip are repeated will arise is reduced.
 [0089] Drawing 10 is the explanatory view showing the 1st modification of strengthening of the torque limitation in the 1st example. Although a torque shaft does not move in this 1st modification instead, it is the minimum angular-acceleration value AXmin. It changes gradually. Here, "the minimum angular-acceleration value AXlim" means the minimum value which angular acceleration AX can take on a torque limitation map. Drawing 10 (A) - (E) is the minimum angular-acceleration value AXlim at the time of strengthening of torque limitation. Signs that it increases gradually are shown. Drawing 10 (A) As shown in - (D), the activation angular acceleration AXc is the minimum angular-acceleration value AXlim. When having exceeded, motor torque is restricted on a torque limitation map with the torque value shown with the activation angular acceleration AXc. On the other hand, the activation angular acceleration AXc is the minimum angular-acceleration value AXlim like [in the case of drawing 10 (E)]. When less, motor torque is set on a torque limitation map, and it is the minimum angular-acceleration value AXlim. It is restricted with the torque value (value shown by the black dot) shown. The minimum angular-acceleration value AXlim It also receives and is maximum Δ_{max} of the variation. It can set up (drawing 10 (E)). In addition, at the time of relaxation of torque limitation, it is the minimum angular-acceleration value AXlim. It decreases gradually.

[0090] Thus, in order to perform strengthening and relaxation of torque limitation, it is the minimum angular-acceleration value AXlim of a torque limitation map. Even if it makes it make it change gradually, possibility that generating and a halt of a slip will be repeated can be reduced like the 1st example of the above.

[0091] Drawing 11 is the explanatory view showing the 2nd modification of strengthening of the torque limitation in the 1st example. The minimum angular-acceleration value [in / at this 2nd modification / the 1st modification] AXlim To instead of, it is the maximum torque upper limit Tlim of a torque limitation map. It changes gradually. here -- "the maximum torque upper limit Tlim" -- a torque limitation map top -- setting -- torque upper limit Tmax The maximum which can be taken is meant. Maximum torque upper limit Tlim If it is made to change gradually, it will change, as the configuration of a torque limitation map shows drawing 11 (A) - (E) . Motor torque is restricted on the torque limitation map after this change by the torque value (a black dot shows) shown with the activation angular acceleration AXc. Maximum torque upper limit Tlim It is also related and is maximum Δ_{max} of the variation. It is possible to set up. In addition, at the time of relaxation of torque limitation, it is the maximum torque upper limit Tlim. It increases gradually.

[0092] Thus, in order to perform strengthening and relaxation of torque limitation, it is the maximum TOKURU upper limit Tlim of a torque limitation map. Even if it makes it make it change gradually, possibility that generating and a halt of a slip will be repeated can be reduced like the 1st example of the above, or the 1st modification.

[0093] Thus, in the 1st example or its modification, since the torque limitation of the 2nd motor MG 2 is gradually strengthened in the period when the angular acceleration AX of the 2nd motor MG 2 is over the 1st threshold AXT1, it is possible to stop a slip efficiently. Moreover, since torque limitation is gradually eased when angular acceleration AX falls to less than one threshold AXT after that and predetermined limit relaxation conditions other than this threshold AXT1 are satisfied, it is possible to prevent efficiently that a slip is generated again. Consequently, possibility that generating and a halt of a slip will be repeated can be reduced.

[0094] Since an axle 112 and the output shaft of the 2nd motor MG 2 rotate by the fixed ratio especially when the rotational frequency of right-and-left (drawing 1) both wheels of an axle 112 is almost equal, it is possible by restricting the torque of the 2nd motor MG 2 to control a slip efficiently.

[0095] E. 2nd example [of slip control]: -- control of the 1st example mentioned above in the 2nd example -- in addition, perform slip control more efficiently by adding a limit to the rotational frequency N of the 2nd motor

MG 2.

[0096] Drawing 12 is a graph which shows the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2, and an example of change of angular acceleration AX . Since angular acceleration AX is over the 1st threshold $AXT1$ at time of day $t1$ as shown in drawing 12 R> 2 (B), as the 1st example explained, torque limitation is strengthened, and it becomes a torque limitation map as shown in drawing 7 (B). Consequently, the torque of the 2nd motor MG 2 is restricted, a rotational frequency N falls immediately and angular acceleration AX serves as a with a threshold [1st / AXT] of one or less small value. However, since - (M1c) does not continue after that only the relaxation conditions (M1a) mentioned above and waiting period Δt (drawing 6), a torque limitation map is maintained with the condition of drawing 7 (B). Henceforth [the time of day $t3$ of drawing 12 (B)], in spite of restricting motor torque, torque limitation is inadequate according to the causes of wearing a tire out, such as a way and a situation of a road surface. Therefore, as shown in drawing 12 R> 2 (A) after time of day $t3$, the motor rotational frequency N will increase gradually, without a slip stopping.

[0097] Thus, in order to prevent that the motor rotational frequency N increases without a slip stopping, in the 2nd example, the following slip detection conditions S2 are used first, a slip is detected, and torque limitation using the upper limit of a motor rotational frequency is performed.

[0098] (S2) Angular acceleration AX is the 2nd two or more thresholds AXT , and the motor rotational frequency N is a rotational frequency N_{grp} at the time of a grip. 40rpm It is larger than the added value ($N_{grp}+40$).

[0099] Here, it is a rotational frequency N_{grp} at the time of a grip. The value of the rotational frequency in the time of day $t0$ just before angular acceleration AX exceeds the 2nd threshold $AXT2$ ($= 10$ [rpm / 16ms]) is meant as shown in drawing 12 (A) and (B). The vocabulary of "being a rotational frequency at the time of a grip" is the semantics of a rotational frequency when the wheel grips the road surface before a slip. in addition, the time of a grip -- rotational frequency N_{grp} ***** -- the value at other times may be adopted and, generally it is possible to adopt the value of the rotational frequency at the specific time at the time of angular acceleration AX exceeding the 2nd threshold $AXT2$.

[0100] the time of the above-mentioned slip detection conditions S2 being satisfied -- a slip -- generating -- **** -- value N_{grp} in front of a slip of the motor rotational frequency N from -- it is increasing gradually. Then, torque limitation using the upper limit of the motor rotational frequency N is performed in this case.

[0101] Drawing 13 is the explanatory view showing the upper limit of the motor rotational frequency set up in the 2nd example, and the torque limitation related with this. As shown in drawing 13 (A), it is the upper limit N_{max} of the rotational frequency of the 2nd motor MG 2. It is a rotational frequency N_{grp} at the time of a grip. It responds and is determined as follows.

[0102] (1) N_{grp} 1000rpm When it is the following, it is : $N_{max} = 1400$ rpm(2) N_{grp} . 1000rpm When exceeding, it is : $N_{max} = N_{grp} + 800$ rpm [0103]. These engine-speed upper limits N_{max} It also takes into consideration preventing the overspeed r.p.m. of a differential gear 114 (drawing 1), and is determined. That is, when a big difference is in the engine speed of a wheel on either side, a differential gear 114 may carry out overspeed r.p.m. On the other hand, it is the upper limit N_{max} as shown in the above (1) and (2) to the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2. If it sets up, also when a big difference is in the rotational frequency of a wheel on either side temporarily, the rotational frequency of a differential gear 114 will be settled in a certain amount of range. Consequently, it is possible to prevent the overspeed r.p.m. of a differential gear 114.

[0104] Torque limitation is performed using the torque limitation rate R_{tr} shown in drawing 13 (B). At this example, the torque limitation rate R_{tr} is the motor rotational frequency upper limit N_{max} . It is set up according to rotational frequency allowances ($N_{max} - N_c$) to be difference with the activation rotational frequency N_c (current rotational frequency). Here, it is the upper limit T_{max} of a torque limitation map in the torque limitation rate R_{tr} . It is the value by which it can multiply and an actual torque upper limit is given by ($T_{max} \times R_{tr}$). That is, as an actual upper limit of the torque of the 2nd motor MG 2, it is the upper limit T_{max} of a torque limitation map as shown in drawing 6 and drawing 7 . The value ($T_{max} \times R_{tr}$) which multiplied by this rate R_{tr} is used.

[0105] Rotational frequency allowances are 500rpm. It is the upper limit T_{max} which the limit percentage R_{tr} is 100% and was shown in drawing 6 R> 6 and drawing 7 as a torque upper limit when it was above. It is used as it is. On the other hand, rotational frequency allowances are 500rpm. Since the limit rate R_{tr} serves as a value proportional to rotational frequency allowances when it is the following, an actual torque upper limit ($T_{max} \times R_{tr}$) is also adjusted according to this. Therefore, the activation rotational frequency N_c of the 2nd motor MG 2 is the upper limit N_{max} . When near, an actual torque upper limit is controlled by the small value. Consequently, the activation rotational frequency N_c is a upper limit N_{max} . The 2nd motor MG 2 is controlled not to exceed. In addition, the activation rotational frequency N_c is the upper limit N_{max} . Since actual torque upper-limit $T_{max} \times R_{tr}$ becomes zero when having exceeded (namely, when rotational frequency allowances are negative), it can prevent that the rotational frequency N increases.

[0106] The torque limitation at a motor rotational frequency is canceled when all following condition-resolutive

(M2a) - (M2c) is materialized.

[0107] (M2a) The present rotational frequency N_c is a rotational frequency N_{grp} at the time of a grip. 40rpm It is below the added value ($N_{grp}+40$).

(M2b) The absolute value of angular acceleration AX is under 5 [rpm / 16ms].

(M2c) The difference of the rotational frequency of a front wheel and a rear wheel is below a predetermined allowed value.

[0108] When all of such condition-resolutive M2 a-M2c are materialized beyond a predetermined period (for example, 500ms), it is judged that the slip stopped and the torque limitation by motor rotational frequency limit is canceled.

[0109] Thus, since the torque was controlled by the 2nd example to restrict the rotational frequency of the 2nd motor MG 2, it is possible to prevent the phenomenon in which a slip continues and the rotational frequency of the 2nd motor MG 2 and the rotational frequency of a differential gear 114 increase too much.

[0110] In addition, the torque limitation by limit of a motor rotational frequency is effective especially when strengthening of the torque limitation explained by drawing 7 is not performed. Therefore, as for the 2nd threshold AXT2 used in the 2nd example, it is desirable to consider as a value smaller than the 1st threshold AXT1 in the 1st example.

[0111] F. 3rd example [of slip control]: -- control of motor torque [in / at the 3rd example / the 2nd example] -- in addition, control the overspeed r.p.m. of a driving shaft by operating an engine 150 in the state of an idling under specific conditions.

[0112] Drawing 14 is the explanatory view showing the range of the idling operation transitional zone set up in the 3rd example. Here, the idling operation transitional zone means the field which makes an engine 150 shift to an idling condition compulsorily. When the following conditions (S3) are satisfied, master control CPU272 operates an engine 150 in the state of an idling.

[0113] (S3) The activation rotational frequency N_c of a motor is a upper limit N_{max} . 200rpm It is over the added value ($N_{max}+200$).

[0114] Since an axle 112 drives by the torque from an engine 150 even if it makes motor torque into zero when this condition S3 is satisfied, a motor rotational frequency may not fall and a slip may not be suspended, either. Then, if an engine 150 is compulsorily operated in the state of an idling, in such a case, a motor rotational frequency can be reduced, and a slip can be stopped to it. In addition, **** of "operating in the state of an idling compulsorily" means that it operates in the state of an idling, also when there is no accelerator opening 0.

[0115] This compulsive idling operation is canceled when at least one of the following condition resolutive (M3a) and the (M3b) is materialized.

[0116] (M3a) the present rotational frequency N_c of a motor MG 2 -- the time of a grip -- rotational frequency N_{grp} from -- 500rpm It is under the subtracted value ($N_{grp}-500$).

(M3b) Angular acceleration AX is zero or less.

[0117] If one of these conditions resolutive (M3a) and the (M3b) is materialized, it can be judged that the slip has stopped. Therefore, it is desirable by permitting the increment in the output of an engine 150 in this case to raise performance.

[0118] By the way, also when it slips at the time of retreat of a car, it may be desirable to make an engine 150 shift to an idling condition compulsorily. By the hybrid car of this example, the driving force at the time of retreat is mainly got by the power running of the 2nd motor MG 2, and the power of an engine 150 is almost revived by the 1st motor MG 1 at this time. When it slips at the time of retreat, hunting also of the power which hunting arises in the engine speed N of the 2nd motor MG 2, for this reason is revived by the 1st motor MG 1 may be carried out. Since an engine 150 is controlled to keep regeneration electric energy constant at this time, hunting will arise also in the operational status of an engine 150.

[0119] Then, when the angular acceleration AX of the 2nd motor MG 2 is over 20 [rpm / 16ms] at the time of retreat, master control CPU272 is judged to be what the slip has produced, and makes an engine 150 shift to an idling condition compulsorily. By carrying out like this, it is possible to suspend a slip and to prevent hunting of an engine 150.

[0120] In addition, compulsive idling operation of the engine at the time of retreat is canceled when a car stops. Moreover, also when a specific condition resolutive (slip condition precedent) is satisfied, compulsive idling operation is canceled.

[0121] Thus, since an engine 150 is compulsorily operated in the state of an idling in the 3rd example when predetermined slip detection conditions are satisfied, it is possible to prevent the overspeed r.p.m. of a driving shaft, engine hunting, etc.

[0122] G. The 4th example of slip control : although the 1st thru/or the 3rd example mentioned above is control (the so-called traction control) for stopping a slip, there is to suspend a slip depending on a situation. For

example, when escaping from the depressed ground of bad roads, such as a snowy road and a muddy road, it will be necessary to permit a certain amount of slip. Then, in the slip control explained in the 1st example, when predetermined slip permissive conditions are satisfied, it controls by the 4th example to permit a slip.

[0123] Drawing 15 is maximum movement magnitude Δ_{max} of the torque shaft at the time of strengthening of torque limitation. It is the graph which shows relation with accelerator opening. Here, it is maximum movement magnitude Δ_{max} of a torque shaft. Drawing 7 (A) It is the value used at the time of strengthening of the torque limitation explained by - (E). The accelerator opening AOP is maximum movement magnitude Δ_{max} of a torque shaft between 0% (close by-pass bulb completely) - 80% as shown in drawing 15. It is maintained at initial value (35 [rpm / 16ms]). Therefore, when the operator has seldom broken in the accelerator pedal, slip control explained in the 1st example is performed. This reason is that it is thought that the slip was generated without meaning when the operator has seldom broken in the accelerator pedal.

[0124] On the other hand, between 80% - 100% (full open), the accelerator opening AOP is maximum movement magnitude Δ_{max} of a torque shaft as the accelerator opening AOP increases. It is decreasing from initial value (35 [rpm / 16ms]) linearly to 0. If it carries out like this, when escaping from the depressed ground of a bad road and the operator has broken in the accelerator pedal, it is maintained at the initial state shown in drawing 5, without a torque shaft hardly moving. Therefore, even if a wheel slips and the angular acceleration AX of the 2nd motor MG 2 increases considerably, a certain amount of torque is outputted from the 2nd motor MG 2. Consequently, it becomes possible to permit a slip and to escape from the depressed ground of a bad road.

[0125] In addition, the graph of drawing 15 is instantiation, and generally, when the accelerator opening AOP is in the predetermined range near 100%, it should just adjust the degree of torque limitation according to the accelerator opening AOP.

[0126] Drawing 16 is a graph which shows an example of change of the various parameters at the time of escaping from a bad road, when all slip control explained in the 1st thru/or the 4th example is adopted. If an operator breaks in an accelerator until the accelerator opening AOP becomes about 100% as shown in drawing 16 (a), the torque of the 2nd motor MG 2 will increase (drawing 16 (c)), and the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2 will increase (drawing 16 (d)). However, when the accelerator opening AOP was about 100%, as drawing 15 explained, it is maximum movement magnitude Δ_{max} of a torque shaft. It is set as 0 (drawing 16 (e)), and a torque limitation map is maintained, shown to drawing 5. Since the torque of the 2nd motor MG 2 is restricted when angular acceleration AX is large even if it uses the torque limitation map of drawing 5, motor torque falls. Moreover, as drawing 13 explained, motor torque is further restricted by the upper limit of the motor rotational frequency N. Consequently, although a slip is generated as an intention of an operator since the activation torque of the 2nd motor MG 2 is maintained at a comparatively small value, going up too much can avoid the motor rotational frequency N. In addition, although not shown by the example of drawing 16, when the engine speed N of the 2nd motor MG 2 goes into the idling operation transitional zone explained by drawing 14, an engine 150 is operated in the state of an idling.

[0127] Thus, since torque limitation was eased irrespective of other conditions in the 4th example when the operator had broken in the accelerator pedal, it is possible to permit a certain amount of slip and to escape from a bad road.

[0128] In addition, when an operator operates a specific torque control off-switch, in drawing 15, it may be made to perform the same control as the time of the accelerator opening AOP being 100% instead of easing torque limitation according to the accelerator opening AOP.

[0129] H. modification: -- the range which this invention is not restricted to an above-mentioned example or an above-mentioned operation gestalt, and does not deviate from that summary in addition -- setting -- various voice -- it is possible to set like and to carry out, for example, the following deformation is also possible.

[0130] H1. modification 1: Although each above-mentioned example explained the so-called hybrid car of the machine distribution type which distributes engine power to an axle and the 1st motor MG 1, using a planetary gear as a power division device, this invention is applicable also to the so-called hybrid car of the electric distribution type which distributes engine power electrically using a motor/generator, without using a planetary gear. Since it is indicated about the hybrid car of an electric distribution type by JP,9-46965,A indicated by these people, for example, the explanation is omitted here.

[0131] Moreover, this invention is applicable to other cars other than a hybrid car. That is, generally this invention is applicable to the car using at least one prime mover for driving a wheel. However, it is possible to perform slip control more efficiently like the hybrid car of the above-mentioned example, by car by which the output shaft of a motor is combined with the driving shaft of a car, since the responsibility of the torque control of the driving shaft by the motor is high.

[0132] H2. modification 2: In each above-mentioned example, although strengthening and relaxation of torque limitation were performed gradually the fixed period, it may be made to perform at least one of strengthening of

torque limitation, and the relaxation at once. However, if it is made to perform strengthening and relaxation of torque limitation gradually, there is an advantage that the recurrence student of a slip can be prevented more efficiently.

[0133] H3. modification 3: The value of the various parameters used in each example mentioned above is mere instantiation, and can use various values other than these instantiation.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view showing the whole hybrid car configuration as one example of this invention.

[Drawing 2] The block diagram showing the more detailed configuration of a control system 200.

[Drawing 3] The block diagram showing the circuitry related to slip control.

[Drawing 4] The explanatory view showing an example of the torque command value / vehicle speed map set up according to the accelerator opening AOP.

[Drawing 5] Usually, the graph which shows the torque limitation map of the 2nd motor MG 2 at the time of operation.

[Drawing 6] The explanatory view showing strengthening of the torque limitation according to change of motor angular acceleration, and an example of relaxation.

[Drawing 7] The explanatory view showing the situation of strengthening of the torque limitation in the period P1 of drawing 6 .

[Drawing 8] The graph which shows an example of change of the various parameters when not strengthening torque limitation.

[Drawing 9] The graph which shows an example of change of the various parameters at the time of strengthening torque limitation by the 1st example.

[Drawing 10] The explanatory view showing the 1st modification of strengthening of the torque limitation in the 1st example.

[Drawing 11] The explanatory view showing the 2nd modification of strengthening of the torque limitation in the 1st example.

[Drawing 12] The graph which shows the rotational frequency N of the 2nd motor MG 2, and an example of change of angular acceleration AX.

[Drawing 13] The explanatory view showing the upper limit of the motor rotational frequency set up in the 2nd example, and the torque limitation related with this.

[Drawing 14] The explanatory view showing the range of the idling operation transitional zone set up in the 3rd example.

[Drawing 15] Maximum movement magnitude ΔT_{max} of the torque shaft set up in the 4th example Graph which shows relation with accelerator opening.

[Drawing 16] The graph which shows an example of change of the various parameters at the time of performing slip control explained in the 1st thru/or the 4th example.

[Description of Notations]

112 -- Axle

114 -- Differential gear

116R, 116L -- Wheel

119 -- Case

120 -- Planetary gear (power division device)

121 -- Sun gear

122 -- Ring wheel

123 -- Planetary pinion gear

124 -- Planetary carrier

125 -- Sun gear shaft

126 -- Ring wheel shaft

127 -- Planetary carrier shaft

129 -- Chain belt

130 -- Damper

131 -- Three phase coil
132 -- Rota
133 -- Stator
141 -- Three phase coil
142 -- Rota
143 -- Stator
144 -- Rotational frequency sensor
149 -- Dc-battery
150 -- Engine
156 -- Crankshaft
163 -- Brake sensor
165 -- Accelerator sensor
167 -- Shift position sensor
191,192 -- Drive circuit
194 -- Dc-battery
196 -- Dc-battery sensor
200 -- Control system
210 -- Maine ECU
212 214 -- Two-way communication wiring
220 -- Brake ECU
230 -- Dc-battery ECU
240 -- Engine ECU
260 -- Motor control section
262 -- Motor main control CPU
264,266 -- Motor control CPU
270 -- Master control section
272 -- Master control CPU
272a -- Angular-acceleration decision section
272b -- Torque control section
274 -- Power control circuit
280 -- Abnormality hysteresis registration circuit
282 -- EEPROM

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-295676
(P2001-295676A)

(43) 公開日 平成13年10月26日 (2001. 10. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
F 0 2 D 29/02		F 0 2 D 29/02	D 3 D 0 3 7
	3 1 1		3 1 1 A 3 G 0 9 3
B 6 0 K 28/16		B 6 0 K 28/16	5 H 1 1 5
B 6 0 L 11/14		B 6 0 L 11/14	
// B 6 0 K 6/02		B 6 0 K 9/00	E
		審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 18 頁)	

(21) 出願番号 特願2000-115229(P2000-115229)
(22) 出願日 平成12年4月17日 (2000. 4. 17)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(72) 発明者 灘 光博
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(74) 代理人 100096817
弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

最終頁に続く

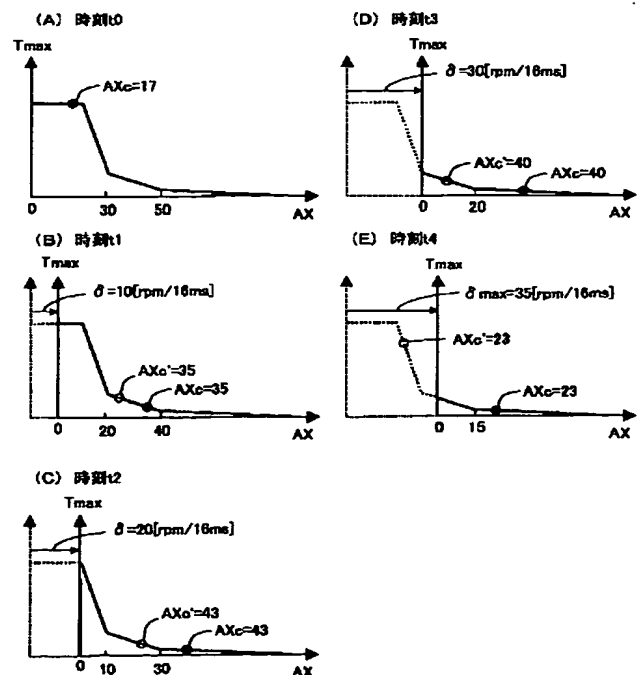
(54) 【発明の名称】 車両のスリップ制御

(57) 【要約】

【課題】 駆動輪のトルク制御によってスリップの発生と停止とが繰り返される可能性を低減する。

【解決手段】 駆動軸の角加速度 AX が所定の第1のしきい値を超えたときに、駆動軸のトルク制限を強化する。その後、角加速度が第1のしきい値未満に低下し、かつ、所定の制限緩和条件が成立したときに、強化後のトルク制限を緩和する。トルク制限は、角加速度 AX が増大するに従ってトルク上限値 T_{max} が減少する関係を表すグラフとして表現される。トルク制限の強化と緩和は、グラフの形状を保った状態で、トルク軸の位置を移動させることによって行われる。

トルク制限の強化



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車輪を駆動するために少なくとも1つの原動機を備える車両に使用されるスリップ制御装置であって、

前記車輪に供給される駆動力を伝達するための駆動軸の角加速度を測定する角加速度測定部と、

前記角加速度が所定の第1のしきい値を超えたときに前記駆動軸のトルク制限を強化するとともに、前記角加速度が前記第1のしきい値未満に低下し、かつ、所定の制限緩和条件が成立したときに前記強化後のトルク制限を緩和するトルク制御部と、を備えることを特徴とするスリップ制御装置。

【請求項2】 請求項1記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制限は、前記角加速度を示す角加速度軸と、前記駆動軸のトルクの上限值を示すトルク軸とで規定された空間上において、前記角加速度が増大するに従って前記トルク上限値が減少する関係を表すグラフとして表現されており、前記トルク制限の強化は、前記グラフの形状を保った状態で前記角加速度軸上における前記トルク軸の位置を移動させることによって行われる、スリップ制御装置。

【請求項3】 請求項2記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制限の強化の際の前記トルク軸の移動は、前記角加速度が前記第1のしきい値を超えている期間において徐々に行われる、スリップ制御装置。

【請求項4】 請求項2または3記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制限の緩和は、前記グラフの形状を保った状態で前記角加速度軸上における前記トルク軸の位置を移動させることによって行われる、スリップ制御装置。

【請求項5】 請求項4記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制限の緩和の際の前記トルク軸の移動は、前記所定の制限緩和条件が成立している期間において徐々に行われる、スリップ制御装置。

【請求項6】 請求項1記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制限は、前記角加速度を示す角加速度軸と、前記駆動軸のトルクの上限值を示すトルク軸とで規定された空間上において、前記角加速度が増大するに従って前記トルク上限値が減少する関係を表すグラフとして表現されており、

前記トルク制限の強化と緩和とは、前記グラフ上において前記角加速度が取り得る最小値を変化させることによって行われる、スリップ制御装置。

【請求項7】 請求項1記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制限は、前記角加速度を示す角加速度軸と、

前記駆動軸のトルクの上限值を示すトルク軸とで規定された空間上において、前記角加速度が増大するに従って前記トルク上限値が減少する関係を表すグラフとして表現されており、

前記トルク制限の強化と緩和とは、前記グラフ上において前記トルク上限値が取り得る最大値を変化させることによって行われる、スリップ制御装置。

【請求項8】 請求項1ないし7のいずれかに記載のスリップ制御装置であって、

前記角加速度測定部は、前記駆動軸の回転数を測定する回転数測定部を有し、

前記トルク制御部は、前記角加速度が所定の第2のしきい値を超えたときには、前記駆動軸の回転数に上限値を設定するとともに、前記駆動軸の回転数が前記上限値を超えないように前記駆動軸のトルクを制御する、スリップ制御装置。

【請求項9】 請求項8記載のスリップ制御装置であって、

前記駆動軸の回転数の上限値は、前記角加速度が前記第2のしきい値を超える際の特定の時点における前記駆動軸の回転数の値に応じて設定される、スリップ制御装置。

【請求項10】 請求項8または9記載のスリップ制御装置であって、

前記車両は、前記車輪を駆動するための原動機としてモータと内燃機関の2つの原動機を有するとともに、前記モータと前記内燃機関の駆動力を前記駆動軸に伝達するための動力分割機構を有しており、

前記トルク制御部は、前記モータのトルクを制御することによって前記駆動軸の回転数が前記上限値を超えないように制御を行うとともに、前記モータのトルク制御によっても前記駆動軸の回転数が前記上限値を所定量以上超えたときには、前記内燃機関をアイドル状態に運転させる、スリップ制御装置。

【請求項11】 請求項1ないし10のいずれかに記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制御部は、前記車両のアクセル開度がほぼ100%のときには、他の条件に拘わらず前記トルク制限を緩和する、スリップ制御装置。

【請求項12】 請求項11記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制御部は、前記車両のアクセル開度が100%に近い所定の範囲にあるときには、前記アクセル開度に応じて前記トルク制限の度合いを調整する、スリップ制御装置。

【請求項13】 請求項1ないし12のいずれかに記載のスリップ制御装置であって、

前記トルク制御部は、所定のトルク制御オフスイッチが操作されているときには、他の条件に拘わらず前記トルク制限を緩和する、スリップ制御装置。

【請求項14】 車輪を駆動するために少なくとも1つの原動機と、請求項1ないし13のいずれかに記載のスリップ制御装置と、を備えることを特徴とする車両。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、車両のスリップを考慮して車輪の駆動力を制御する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】原動機として内燃機関とモータとを備えるハイブリッド車両が実用化されている。ハイブリッド車両のスリップを制御する技術としては、例えば特開平10-304514号公報に開示された技術がある。この技術では、駆動輪の回転角速度（「角加速度」とも言う）の変化率が所定値以上のときに駆動輪のスリップが発生すると予測して、モータのトルクを低下させている。この結果、モータ駆動力の増加に伴って生じるスリップを防止することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述のスリップ制御技術では、駆動輪のスリップが発生するとモータトルクが低減するが、その後に回転角速度が低下するとモータトルクの増加が許容されて再びスリップが発生する場合がある。このような場合には、スリップの発生と停止とが繰り返される。特に、モータによるトルクの増減の応答性は速いので、ハイブリッド車両ではこのような現象が生じ易い傾向にある。このような問題は、ハイブリッド車両に限らず、他の種類の車両においても問題となる場合があった。

【0004】本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、駆動輪のトルク制御によってスリップの発生と停止とが繰り返される可能性を低減することができる技術を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上記目的を達成するために、本発明のスリップ制御装置は、車輪を駆動するために少なくとも1つの原動機を備える車両に使用されるスリップ制御装置であって、前記車輪に供給される駆動力を伝達するための駆動軸の角加速度を測定する角加速度測定部と、前記角加速度が所定の第1のしきい値を超えたときに前記駆動軸のトルク制限を強化するとともに、前記角加速度が前記第1のしきい値未満に低下し、かつ、所定の制限緩和条件が成立したときに前記強化後のトルク制限を緩和するトルク制御部と、を備えることを特徴とする。

【0006】この構成では、トルク制限を強化した後に、駆動軸の角加速度が第1のしきい値未満になっただけではトルク制限が緩和されず、更に、他の所定の制限緩和条件が成立したときにトルク制限が緩和されるので、スリップの発生と停止とが繰り返される可能性を低

減することができる。

【0007】なお、前記トルク制限は、前記角加速度を示す角加速度軸と、前記駆動軸のトルクの上限值を示すトルク軸とで規定された空間上において、前記角加速度が増大するに従って前記トルク上限値が減少する関係を表すグラフとして表現されていてもよい。このとき、前記トルク制限の強化は、前記グラフの形状を保った状態で前記角加速度軸上における前記トルク軸の位置を移動させることによって行われるようにしてもよい。

【0008】こうすれば、駆動軸の角加速度に応じて、スリップを防止するための適切なトルク上限値を設定することが可能である。

【0009】前記トルク制限の強化の際の前記トルク軸の移動は、前記角加速度が前記第1のしきい値を超えている期間において徐々に行われるようにしてもよい。

【0010】こうすれば、スリップが継続して角加速度が第1のしきい値を超えている期間が長くなるほどトルク上限値が小さくなるので、スリップをより効率的に停止させることが可能である。

【0011】前記トルク制限の緩和は、前記グラフの形状を保った状態で前記角加速度軸上における前記トルク軸の位置を移動させることによって行われるようにしてもよい。

【0012】こうすれば、スリップが停止したときに、トルク制限を適切な形で緩和することが可能である。

【0013】また、前記トルク制限の緩和の際の前記トルク軸の移動は、前記所定の制限緩和条件が成立している期間において徐々に行われるようにしてもよい。

【0014】こうすれば、一度にトルク制限を緩和する場合に比べて、スリップの再発生をより効率的に防止することが可能である。

【0015】なお、前記トルク制限の強化と緩和とは、前記グラフ上において前記角加速度が取り得る最小値を変化させることによって行われるようにしてもよい。

【0016】あるいは、前記トルク制限の強化と緩和とは、前記グラフ上において前記トルク上限値が取り得る最大値を変化させることによって行われるようにしてもよい。

【0017】このようにしても、スリップを防止するための適切なトルク制限を設定することが可能である。

【0018】なお、前記角加速度測定部は、前記駆動軸の回転数を測定する回転数測定部を有し、前記トルク制御部は、前記角加速度が所定の第2のしきい値を超えたときには、前記駆動軸の回転数に上限値を設定するとともに、前記駆動軸の回転数が前記上限値を超えないように前記駆動軸のトルクを制御するようにしてもよい。

【0019】こうすれば、駆動軸を所定の回転数の範囲内で連続的にスリップさせることが可能である。

【0020】前記駆動軸の回転数の上限値は、前記角加速度が前記第2のしきい値を超える際の特定の時点にお

ける前記駆動軸の回転数の値に応じて設定されるようにしてもよい。

【0021】この場合に、角加速度が第2のしきい値を超える際の特定の時点における駆動軸の回転数は、スリップが発生していない時点における回転数であると考えることができる。従って、この時点における回転数の値に応じて駆動軸の回転数の上限値を設定すれば、運転状態に応じた適切な回転数の上限値を設定することが可能である。

【0022】前記車両は、前記車輪を駆動するための原動機としてモータと内燃機関の2つの原動機を有するとともに、前記モータと前記内燃機関の駆動力を前記駆動軸に伝達するための動力分割機構を有していてもよい。このとき、前記トルク制御部は、前記モータのトルクを制御することによって前記駆動軸の回転数が前記上限値を超えないように制御を行うとともに、前記モータのトルク制御によっても前記駆動軸の回転数が前記上限値を所定量以上超えたときには、前記内燃機関をアイドル状態に運転させるようにしてもよい。

【0023】こうすれば、モータが過回転することを防止することが可能である。

【0024】前記トルク制御部は、前記車両のアクセル開度がほぼ100%のときには、他の条件に拘わらず前記トルク制限を緩和するようにしてもよい。

【0025】こうすれば、例えば悪路の窪地を脱出した場合などにおいて、スリップを許容した運転を行うことが可能である。

【0026】なお、前記トルク制御部は、前記車両のアクセル開度が100%に近い所定の範囲にあるときには、前記アクセル開度に応じて前記トルク制限の度合いを調整するようにしてもよい。

【0027】こうすれば、アクセル開度に応じてスリップの許容の程度を調整することが可能である。

【0028】なお、前記トルク制御部は、所定のトルク制御オフスイッチが操作されているときには、他の条件に拘わらず前記トルク制限を緩和するようにしてもよい。

【0029】この構成によっても、悪路の窪地を脱出したい場合などにおいてスリップを許容した運転を行うことが可能である。

【0030】なお、本発明は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、車両のスリップ制御装置および方法、その制御装置を用いた車両、その制御装置または制御方法の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した記録媒体、そのコンピュータプログラムを含み搬送波内に具現化されたデータ信号、等の態様で実現することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を実施

例に基づいて以下の順序で説明する。

A. ハイブリッド車両の全体構成：

B. ハイブリッド車両の基本動作：

C. 制御システムの構成：

D. スリップ制御の第1実施例：

E. スリップ制御の第2実施例：

F. スリップ制御の第3実施例：

G. スリップ制御の第4実施例：

H. 変形例：

【0032】A. ハイブリッド車両の全体構成：図1は、本発明の一実施例としてのハイブリッド車両の全体構成を示す説明図である。このハイブリッド車両は、エンジン150と、2つのモータ／ジェネレータMG1、MG2と、の3つの原動機を備えている。ここで、「モータ／ジェネレータ」とは、モータとしても機能し、また、ジェネレータとしても機能する原動機を意味している。なお、以下では簡単のため、これらを単に「モータ」と呼ぶ。車両の制御は、制御システム200によって行われる。

【0033】制御システム200は、メインECU210と、ブレーキECU220と、バッテリーECU230と、エンジンECU240とを有している。各ECUは、マイクロコンピュータや、入力インタフェース、出力インタフェースなどの複数の回路要素が1つの回路基板上に配置された1ユニットとして構成されたものである。メインECU210は、モータ制御部260とマスタ制御部270とを有している。マスタ制御部270は、3つの原動機150、MG1、MG2の出力の配分などの制御量を決定する機能を有している。

【0034】エンジン150は、通常のガソリンエンジンであり、クランクシャフト156を回転させる。エンジン150の運転はエンジンECU240により制御されている。エンジンECU240は、マスタ制御部270からの指令に従って、エンジン150の燃料噴射量その他の制御を実行する。

【0035】モータMG1、MG2は、同期電動機として構成されており、外周面に複数個の永久磁石を有するロータ132、142と、回転磁界を形成する三相コイル131、141が巻回されたステータ133、143とを備える。ステータ133、143はケース119に固定されている。モータMG1、MG2のステータ133、143に巻回された三相コイル131、141は、それぞれ駆動回路191、192を介して2次バッテリー194に接続されている。駆動回路191、192は、各相ごとにスイッチング素子としてのトランジスタを1対ずつ備えたトランジスタインバータである。駆動回路191、192はモータ制御部260によって制御される。モータ制御部260からの制御信号によって駆動回路191、192のトランジスタがスイッチングされると、バッテリー194とモータMG1、MG2との間に電

流が流れる。モータMG1、MG2はバッテリー194からの電力の供給を受けて回転駆動する電動機として動作することもできるし（以下、この動作状態を力行と呼ぶ）、ロータ132、142が外力により回転している場合には三相コイル131、141の両端に起電力を生じさせる発電機として機能してバッテリー194を充電することもできる（以下、この動作状態を回生と呼ぶ）。

【0036】エンジン150とモータMG1、MG2の回転軸は、プラネタリギヤ120を介して機械的に結合されている。プラネタリギヤ120は、サンギヤ121と、リングギヤ122と、プラネタリピニオンギヤ123を有するプラネタリキャリア124と、から構成されている。本実施例のハイブリッド車両では、エンジン150のクランクシャフト156はダンパ130を介してプラネタリキャリア軸127に結合されている。ダンパ130はクランクシャフト156に生じる捻り振動を吸収するために設けられている。モータMG1のロータ132は、サンギヤ軸125に結合されている。モータMG2のロータ142は、リングギヤ軸126に結合されている。リングギヤ122の回転は、チェーンベルト129とデファレンシャルギヤ114とを介して車軸112および車輪116R、116Lに伝達される。

【0037】制御システム200は、車両全体の制御を

$$N_c = N_s \times \rho / (1 + \rho) + N_r \times 1 / (1 + \rho) \quad \dots (1)$$

【0040】ここで、 N_c はプラネタリキャリア軸127の回転数、 N_s はサンギヤ軸125の回転数、 N_r はリングギヤ軸126の回転数である。また、 ρ は次式で表される通り、サンギヤ121とリングギヤ122のギヤ比である。

【0041】 $\rho = [\text{サンギヤ121の歯数}] / [\text{リング}$

$$T_s = T_c \times \rho / (1 + \rho) \quad \dots (2)$$

$$T_r = T_c \times 1 / (1 + \rho) = T_s / \rho \quad \dots (3)$$

【0044】ここで、 T_c はプラネタリキャリア軸127のトルク、 T_s はサンギヤ軸125のトルク、 T_r はリングギヤ軸126のトルクである。

【0045】本実施例のハイブリッド車両は、このようなプラネタリギヤ120の機能により、種々の状態で走行することができる。例えば、ハイブリッド車両が走行を始めた比較的低速な状態では、エンジン150を停止したまま、モータMG2を力行することにより車軸112に動力を伝達して走行する。同様にエンジン150をアイドル運転したまま走行することもある。

【0046】走行開始後にハイブリッド車両が所定の速度に達すると、制御システム200はモータMG1を力行して出力されるトルクによってエンジン150をモータリングして始動する。このとき、モータMG1の反力トルクがプラネタリギヤ120を介してリングギヤ122にも出力される。

【0047】エンジン150を運転してプラネタリキャリア軸127を回転させると、上式(1)～(3)を満

実現するために種々のセンサを用いており、例えば、運転者によるアクセルの踏み込み量を検出するためのアクセルセンサ165、シフトレバーの位置を検出するシフトポジションセンサ167、ブレーキの踏み込み圧力を検出するためのブレーキセンサ163、バッテリー194の充電状態を検出するためのバッテリーセンサ196、およびモータMG2の回転数を測定ための回転数センサ144などを利用している。リングギヤ軸126と車軸112はチェーンベルト129によって機械的に結合されているため、リングギヤ軸126と車軸112の回転数の比は一定である。従って、リングギヤ軸126に設けられた回転数センサ144によって、モータMG2の回転数のみでなく、車軸112の回転数も検出することができる。

【0038】B. ハイブリッド車両の基本的動作：ハイブリッド車両の基本的な動作を説明するために、以下ではまず、プラネタリギヤ120の動作について説明する。プラネタリギヤ120は、上述した3つの回転軸のうちの2つの回転軸の回転数が決定されると残りの回転軸の回転数が決まるという性質を有している。各回転軸の回転数の関係は次式(1)の通りである。

【0039】

ギヤ122の歯数]

【0042】また、3つの回転軸のトルクは、回転数に関わらず、次式(2)、(3)で与えられる一定の関係を有する。

【0043】

足する条件下で、サンギヤ軸125およびリングギヤ軸126が回転する。リングギヤ軸126の回転による動力はそのまま車輪116R、116Lに伝達される。サンギヤ軸125の回転による動力は第1のモータMG1で電力として回生することができる。一方、第2のモータMG2を力行すれば、リングギヤ軸126を介して車輪116R、116Lに動力を出力することができる。

【0048】定常運転時には、エンジン150の出力が、車軸112の要求動力（すなわち車軸112の回転数×トルク）とほぼ等しい値に設定される。このとき、エンジン150の出力の一部はリングギヤ軸126を介して直接車軸112に伝えられ、残りの出力は第1のモータMG1によって電力として回生される。回生された電力は、第2のモータMG2がリングギヤ軸126を回転させるトルクを発生するために使用される。この結果、車軸112を所望の回転数で所望のトルクで駆動することが可能である。

【0049】車軸112に伝達されるトルクが不足する

場合には、第2のモータMG2によってトルクをアシストする。このアシストのための電力には、第1のモータMG1で回生した電力およびバッテリー149に蓄えられた電力が用いられる。このように、制御システム200は、車軸112から出力すべき要求動力に応じて2つのモータMG1、MG2の運転を制御する。

【0050】本実施例のハイブリッド車両は、エンジン150を運転したまま後進することも可能である。エンジン150を運転すると、プラネタリキャリア軸127は前進時と同方向に回転する。このとき、第1のモータMG1を制御してプラネタリキャリア軸127の回転数よりも高い回転数でサンギヤ軸125を回転させると、上式(1)から明らかな通り、リングギヤ軸126は後進方向に反転する。制御システム200は、第2のモータMG2を後進方向に回転させつつ、その出力トルクを制御して、ハイブリッド車両を後進させることができる。

【0051】プラネタリギヤ120は、リングギヤ122が停止した状態で、プラネタリキャリア124およびサンギヤ121を回転させることが可能である。従って、車両が停止した状態でもエンジン150を運転することができる。例えば、バッテリー194の残容量が少なくなれば、エンジン150を運転し、第1のモータMG1を回生運転することにより、バッテリー194を充電することができる。車両が停止しているときに第1のモータMG1を力行すれば、そのトルクによってエンジン150をモータリングし、始動することができる。

【0052】C. 制御システムの構成：図2は、制御システム200のより詳細な構成を示すブロック図である。マスタ制御部270は、マスタ制御CPU272と、電源制御回路274とを含んでいる。また、モータ制御部260は、モータ主制御CPU262と、2つのモータMG1、MG2をそれぞれ制御するための2つのモータ制御CPU264、266とを有している。各CPUは、それぞれ図示しないCPUとROMとRAMと入力ポートと出力ポートを備えており、これらとともに1チップマイクロコンピュータを構成している。

【0053】マスタ制御CPU272は、3つの原動機150、MG1、MG2の回転数やトルクの配分等の制御量を決定し、他のCPUやECUに各種の要求値を供給して、各原動機の駆動を制御する機能を有している。この制御のために、マスタ制御CPU272には、アクセル開度を示すアクセルポジション信号AP1、AP2や、シフト位置を示すシフトポジション信号SP1、SP2等が供給されている。なお、アクセルセンサ165とシフトポジションセンサ167は、それぞれ2重化されており、2つのアクセルポジション信号AP1、AP2と、2つのシフトポジション信号SP1、SP2とをそれぞれマスタ制御CPU272に供給している。

【0054】電源制御回路274は、バッテリー194の

高圧直流電圧をメインECU210内の各回路用の低圧直流電圧に変換するための回路である。この電源制御回路274は、マスタ制御CPU272の異常を監視する監視回路としての機能も有している。

【0055】エンジンECU240は、マスタ制御CPU272から与えられたエンジン出力要求値PReqに応じてエンジン150を制御する。エンジンECU240からは、エンジン150の回転数REVenがマスタ制御CPU272にフィードバックされる。

【0056】モータ主制御CPU262は、マスタ制御CPU272から与えられたモータMG1、MG2に関するトルク要求値T1req、T2reqに応じて、2つのモータ制御CPU264、266にそれぞれ電流要求値I1req、I2reqを供給する。モータ制御CPU264、266は、電流要求値I1req、I2reqに従って駆動回路191、192をそれぞれ制御して、モータMG1、MG2を駆動する。モータMG1、MG2の回転数センサからは、モータMG1、MG2の回転数REV1、REV2がモータ主制御CPU262にフィードバックされている。なお、モータ主制御CPU262からマスタ制御CPU272には、モータMG1、MG2の回転数REV1、REV2や、バッテリー194から駆動回路191、192への電流値IBなどがフィードバックされている。

【0057】バッテリーECU230は、バッテリー194の充電状態SOCを監視するとともに、必要に応じてバッテリー194の充電要求値CHreqをマスタ制御CPU272に供給する。マスタ制御CPU272は、この要求値CHreqを考慮して各原動機の出力を決定する。すなわち、充電が必要な場合には、走行に必要な出力よりも大きい動力をエンジン150に出力させて、その一部を第1のモータMG1による充電動作に配分する。

【0058】ブレーキECU220は、図示しない油圧ブレーキと、第2のモータMG2による回生ブレーキとのバランスを取る制御を行う。この理由は、このハイブリッド車両では、ブレーキ時に第2のモータMG2による回生動作が行われてバッテリー194が充電されるからである。具体的には、ブレーキECU220は、ブレーキセンサ163からのブレーキ圧力BPに基づいて、マスタ制御CPU272に回生要求値REGreqを入力する。マスタ制御CPU272は、この要求値REGreqに基づいてモータMG1、MG2の動作を決定して、ブレーキECU220に回生実行値REGpracをフィードバックする。ブレーキECU220は、この回生実行値REGpracと回生要求値REGreqの差分と、ブレーキ圧力BPとに基づいて、油圧ブレーキによるブレーキ量を適切な値に制御する。

【0059】以上のように、マスタ制御CPU272は、各原動機150、MG1、MG2の出力を決定して、それぞれの制御を担当するECU240やCPU2

64, 266に要求値を供給する。ECU240やCPU264, 266は、この要求値に応じて各原動機を制御する。この結果、ハイブリッド車両は、走行状態に応じて適切な動力を車軸112から出力して走行することができる。また、ブレーキ時には、ブレーキECU220とマスタ制御CPU272とが協調して、各原動機や油圧ブレーキの動作を制御する。この結果、電力を再生しつつ、運転者に違和感をあまり感じさせないブレーキングを実現することができる。

【0060】4つのCPU272, 262, 264, 266は、いわゆるウォッチドッグパルスWDPを用いて互いの異常を監視し、CPUに異常が発生してウォッチドッグパルスが停止した場合には、そのCPUにリセット信号RESを供給してリセットさせる機能を有している。なお、マスタ制御CPU272の異常は、電源制御回路274によっても監視されている。

【0061】異常履歴登録回路280は、異常発生の際履歴を登録するためのEEPROM282を有している。このEEPROM282には、アクセルセンサ165やシフトポジションセンサ167の異常発生の際履歴が登録される。また、異常履歴登録回路280の入力ポートには、マスタ制御CPU272とモータ主制御CPU262との間で送受信されるリセット信号RES1, RES2が入力されている。異常履歴登録回路280は、これらのリセット信号RES1, RES2が発生すると、これを内部のEEPROM282に格納する。

【0062】なお、マスタ制御CPU272と異常履歴登録回路280とは、双方向通信配線214を介して互いに各種の要求や通知を行うことができる。また、マスタ制御CPU272とモータ主制御CPU262の間にも双方向通信配線212が設けられている。

【0063】D. スリップ制御の第1実施例：図3は、スリップ制御に係る回路構成を示すブロック図である。マスタ制御CPU272は、角加速度決定部272aとしての機能と、トルク制御部272bとしての機能とを有している。角加速度決定部272aは、回転数センサ144からモータ主制御CPU262を介して供給された信号REV2に基づいて、第2のモータMG2の回転速度Nと、回転速度の時間変化である角加速度AXとを決定する。ここで、回転速度Nの単位としては、例えば1分間における回転数を示す単位[rpm]が使用される。回転数センサ144は、例えば16ms毎に回転速度Nを測定する。この場合に、角加速度決定部272aは、直前の過去3回の回転速度Nの平均値Nave（すなわち移動平均）を求める。そして、次の(4)式に示すように、この平均値Naveの変化を角加速度AXとして決定する。

【0064】

$$AX(i) = Nave(i) - Nave(i-1) \quad \cdots (4)$$

【0065】ここで、AX(i)は時刻(i)での角加速度で

あり、Nave(i)は時刻(i-2), (i-1), (i)における回転速度Nの平均値である。

【0066】このとき、角加速度AXは16ms毎の回転数の変化を表すので、その単位は[rpm/16ms]である。但し、角加速度AXの単位としては、回転速度の時間変化を示す任意の単位を採用することが可能である。なお、本明細書において、回転数と回転速度と角速度とは同義語である。また、回転加速度と角加速度も同義語である。

【0067】トルク制御部272bは、アクセルセンサ165から与えられたアクセルポジション信号AP1, AP2と、角加速度決定部272aから与えられた回転数Nと角加速度AX、および、エンジンECU240から与えられたエンジン150の回転数REVenとに基づいて、2つモータMG1, MG2のトルク指令値T2req, T1reqや、エンジン150の出力要求値Preqを決定する。

【0068】アクセルセンサ165は、2つのセンサ165a, 165bで構成されている。これらのセンサ165a, 165bとしては、例えばポテンショメータが利用可能である。トルク制御部272bは、2つのセンサ165a, 165bから与えられたアクセルポジション信号AP1, AP2に基づいて、アクセル開度（アクセルペダルの踏み込み量）を決定する機能も有している。

【0069】図4は、アクセル開度AOPに応じて設定されたトルク指令値/車速マップの一例を示す説明図である。この例に示すように、アクセル開度AOPの各値に関して、車速とトルク指令値Tr（車軸に出力すべきトルクの要求値）との関係を示すマップが予め準備されている。これらのマップは、例えばマスタ制御CPU272用の図示しないROM内に格納されている。なお、本実施例では、車速の代わりに第2のモータMG2の回転数Nが利用される。トルク制御部272bは、このマップからトルク指令値Trを決定し、このトルク指令値Trと第2のモータMG2の回転数Nとに応じて、3つの原動機150, MG1, MG2の回転数やトルクの配分を決定する。但し、後述するように、第2のモータMG2のトルクは、スリップ制御のために角加速度AXに応じて制限される。

【0070】角加速度決定部272aとトルク制御部272bの機能は、図示しないROMに格納されたプログラムをマスタ制御CPU272が実行することによって実現される。

【0071】なお、第2のモータMG2の出力軸は、本発明における「駆動軸」に相当し、回転数センサ144と角加速度決定部272aは本発明における「角加速度測定部」に相当する。

【0072】図5は、通常運転時における第2のモータMG2のトルク制限マップを示すグラフである。このグ

ラフに示すように、第2のモータMG2のトルク上限値 T_{\max} は、角加速度AXが大きくなるに従って減少するように設定されている。この理由は、角加速度AXが大ききときに（すなわち回転数Nの増加率が大きいときに）、モータトルクを小さな値に制限することによって回転数Nが急激に増大しないようにするためである。回転数Nの急激な増大を抑制すれば、スリップを停止させることが可能である。

【0073】図6は、スリップ制御の第1実施例において、モータ角加速度の変化に応じてトルク制限を調整する例を示す説明図である。角加速度AXは、一定周期（具体的には16ms）の時刻 t_0 、 t_1 、 t_2 …において測定される。第1実施例では、以下のスリップ検出条件S1を用いてスリップを検出する。

【0074】（S1）角加速度AXが第1のしきい値 AX_{T1} 以上である。

【0075】図6に示すように、角加速度AXが所定の第1のしきい値 AX_{T1} 以上に保たれている期間P1においては、トルク制限が強化される。具体的には、角加速度決定部272aが、時刻 $t_1 \sim t_4$ において角加速度AXがしきい値 AX_{T1} を超えていると判断すると、図5のトルク上限値 T_{\max} の軸を徐々に右方向に移動させてゆくことによってトルク制限を強化する。

【0076】図7（A）～（E）は、図6の期間P1におけるトルク制限の強化の様子を示す説明図である。図6の時刻 t_0 では、実行角加速度 AX_c が17[rpm/16ms]であり、第1のしきい値 AX_{T1} （＝20[rpm/16ms]）よりも小さいので、トルク制限マップは通常通りである（図7（A））。なお、実行角加速度 AX_c とは、その時点において測定された角加速度を意味している。

【0077】時刻 t_1 では、実行角加速度 AX_c がしきい値 AX_{T1} を超えているので、トルク上限値 T_{\max} の軸（以下、単に「トルク軸」と呼ぶ）が、初期状態よりも右方向に一定距離だけ移動する（図7（B））。この例では、移動量は10[rpm/16ms]である。なお、黒丸は、トルク軸が移動した後のトルク制限マップ上における現行角加速度 AX_c の位置を示しており、白丸は初期状態のトルク制限マップ上における現行角加速度 AX_c' の位置を示している。この図から理解できるように、強化後のトルク制限マップでは、実行角加速度 AX_c に対するトルク上限値 T_{\max} の値が、初期のトルク制限マップよりも低い値に設定される。

【0078】図6の時刻 t_2 、 t_3 、 t_4 においても、実行角加速度 AX_c がしきい値 AX_{T1} を超えているので、各時刻においてトルク軸が右方向に順次移動する。すなわち、16ms毎に10[rpm/16ms]ずつトルク軸が移動する（図7（C）～（E））。但し、時刻 t_4 では、初期状態からのトルク軸の移動量が最大移動量 δ_{\max} （＝35[rpm/16ms]）に制限される。このように、トルク軸の移動量の最大値を制限するのは、トルク軸が過

度に移動してしまうと、トルク上限値が角加速度AXの値に拘わらずにほとんどゼロとなってしまうので、第2のモータMG2によって車軸を駆動できなくなるからである。

【0079】図7（E）から理解できるように、角加速度AXがしきい値 AX_{T1} を超えている期間が長く続くと、初期のトルク制限マップを用いた場合よりもトルク上限値 T_{\max} がかなり小さな値に制限される。この結果、第2のモータMG2の回転数N（すなわち車軸112の回転数）が急激に増加することを防止することができる。例えば、車輪がスリップして車軸112の回転数が急激に増加すると、第2のモータMG2の回転数Nもこれに応じて増加する。このとき、図7（A）～（E）に示すように、第2のモータMG2のトルクが制限されるので、スリップを停止させることができる。

【0080】こうして図6の時刻 $t_1 \sim t_4$ でトルク制限が強化された後、時刻 t_5 では角加速度AXがしきい値 AX_{T1} 未満になるので、トルク制限マップは時刻 t_4 の状態に保たれる。トルク制限が緩和されるのは、角加速度AXがしきい値 AX_{T1} 未満であって、かつ、以下の制限緩和条件（M1a）～（M1c）のうちのいずれか1つが成立した場合である。

【0081】（M1a）前輪と後輪の車輪速度の差がほぼゼロであり、かつ、アクセル開度が0でない。

（M1b）角加速度AXが0以下である。

（M1c）車速が30km/h以上である。

【0082】第1の制限緩和条件M1aが成立するのは、スリップが停止しており、かつ、運転者が加速を望んでいるときである。従って、この場合には第2のモータMG2のトルク制限を緩和する。なお、車輪速度は、例えば前輪と後輪とにそれぞれ設けられている図示しない車輪速センサで測定される。

【0083】第2の制限緩和条件M1bが成立するのは、回転数Nが維持されているか減少しているときである。これらの場合には、通常はスリップが停止しているので、この場合にもトルク制限を緩和する。

【0084】第3の制限緩和条件M1cが成立するのは、例えば発進時にスリップが起こった後で、スリップが停止し、車速が上昇してゆく場合などである。通常は、このような場合に再びスリップが発生する可能性は低いので、この場合にもトルク制限を緩和する。

【0085】これらの3つの緩和条件M1a～M1cのいずれか1つが所定の期間 Δt 以上成立した場合には、スリップが停止していると判断され、その後にトルク制限が緩和される。例えば、図6の時刻 t_6 以降において、待機期間P2（ Δt ＝約200ms）の間だけ角加速度AXが負に保たれると、その後の時刻 t_{10} 以降においてトルク制限が緩和される。このような待機期間P2を設けた理由は、角加速度や車速が変動しているときに、トルク制限の緩和と強化が繰り返し行われることを

より有効に防ぐためである。但し、待機期間Pは必須ではなく、省略してもよい。

【0086】トルク制限の緩和は、各時刻においてトルク軸を徐々に左側に移動させることによって行われる。この移動量の値は、トルク制限の強化時における移動量よりも小さな値が好ましく、例えば5[rpm/16ms]に設定される。この理由は、スリップの再発生を防止する上で、トルク制限を徐々に緩和することが好ましいからである。

【0087】図8は、上述したトルク制限の強化を行わない場合の各種パラメータの変化の一例を示すグラフである。図8(a)に示すように運転者がアクセルを急に深く踏み込むと、第2のモータMG2のトルクが急増し(図8(c))、スリップが発生して第2のモータMG2の回転数Nが急増する(図8(b))。このとき、第2のモータMG2の角加速度AX(図示せず)も急増するので、図5におけるトルク制限マップに従って第2のモータMG2のトルク指令値が制限され、モータトルクが急激に低下する(図8(c))。この結果、スリップが一旦は停止して回転数Nが低下する。しかし、回転数Nが低下すると角加速度AXも低下するので、図5のトルク制限マップに従ってモータトルクが増加することが許容される。モータトルクが増加すると、再びスリップが発生してモータ回転数Nが増加する。このように、図5のトルク制限マップを使用しただけでは、スリップの発生と停止とが繰り返される現象が生じる場合がある。

【0088】図9は、第1実施例によるトルク制限の強化を行った場合の各種パラメータの変化の一例を示すグラフである。この例でも、図9(a)に示すように運転者がアクセルを急に深く踏み込むと、第2のモータMG2のトルクが急増し(図9(c))、スリップが発生して第2のモータMG2の回転数Nが急増する(図9(b))。このとき、第2のモータMG2の角加速度AX(図示せず)も急増するので、トルク制限が強化されて第2のモータMG2のトルク指令値が制限され、モータトルクが急激に低下する(図9(c))。この結果、スリップが一旦は停止して回転数Nが低下する。ここまでは図8に示した場合とほぼ同じである。しかし、第1実施例では、強化後のトルク制限が直ぐには緩和されないで、スリップが停止して角加速度AXが低下してもトルクの上昇が制限される。この結果、スリップの発生と停止とが繰り返される現象が生じる可能性が低減されている。

【0089】図10は、第1実施例におけるトルク制限の強化の第1の変形例を示す説明図である。この第1変形例では、トルク軸は移動しないが、その代わりに、最小角加速度値AXminが徐々に変化する。ここで、「最小角加速度値AXlim」とは、トルク制限マップ上において角加速度AXが取り得る最小値を意味する。図10(A)～(E)は、トルク制限の強化時に最小角加速度

値AXlimが徐々に増大していく様子を示している。図10(A)～(D)に示すように、実行角加速度AXcが最小角加速度値AXlimを超えている場合には、モータトルクは、トルク制限マップ上において、その実行角加速度AXcによって示されるトルク値で制限される。一方、図10(E)の場合のように、実行角加速度AXcが最小角加速度値AXlimを下回っている場合には、モータトルクは、トルク制限マップ上において、その最小角加速度値AXlimによって示されるトルク値(黒丸で示す値)で制限される。最小角加速度値AXlimに対しても、その変化量の最大値 δ_{\max} を設定することができる(図10(E))。なお、トルク制限の緩和時には、最小角加速度値AXlimが徐々に減少する。

【0090】このように、トルク制限の強化と緩和を行うためにトルク制限マップの最小角加速度値AXlimを徐々に変化させるようにしても、上記第1実施例と同様に、スリップの発生と停止とが繰り返される可能性を低減することができる。

【0091】図11は、第1実施例におけるトルク制限の強化の第2の変形例を示す説明図である。この第2の変形例では、第1変形例における最小角加速度値AXlimの代わりに、トルク制限マップの最大トルク上限値Tlimが徐々に変化する。ここで、「最大トルク上限値Tlim」とは、トルク制限マップ上においてトルク上限値Tmaxが取り得る最大値を意味する。最大トルク上限値Tlimを徐々に変化させると、トルク制限マップの形状が図11(A)～(E)に示すように変化する。モータトルクは、この変化後のトルク制限マップ上において実行角加速度AXcによって示されるトルク値(黒丸で示す)によって制限される。最大トルク上限値Tlimに関しても、その変化量の最大値 δ_{\max} を設定することが可能である。なお、トルク制限の緩和時には、最大トルク上限値Tlimが徐々に増大する。

【0092】このように、トルク制限の強化と緩和を行うためにトルク制限マップの最大トルク上限値Tlimを徐々に変化させるようにしても、上記第1実施例や第1変形例と同様に、スリップの発生と停止とが繰り返される可能性を低減することができる。

【0093】このように、第1実施例やその変形例においては、第2のモータMG2の角加速度AXが第1のしきい値AXT1を超えている期間において第2のモータMG2のトルク制限を徐々に強化するので、スリップを効率的に停止させることが可能である。また、その後角加速度AXがしきい値AXT1未満に低下し、かつ、このしきい値AXT1以外の所定の制限緩和条件が成立しているときにトルク制限を徐々に緩和するので、スリップが再度発生することを効率的に防止することが可能である。この結果、スリップの発生と停止とが繰り返される可能性を低減することができる。

【0094】特に、車軸112の(図1)左右両輪の回

転数がほぼ等しいときには、車軸112と第2のモータMG2の出力軸とが一定の比で回転するので、第2のモータMG2のトルクを制限することによってスリップを効率的に制御することが可能である。

【0095】E. スリップ制御の第2実施例：第2実施例では、上述した第1実施例の制御に加えて、第2のモータMG2の回転数Nに制限を加えることによって、スリップ制御をより効率的に行う。

【0096】図12は、第2のモータMG2の回転数Nと角加速度AXの変化の一例を示すグラフである。図12(B)に示すように、時刻t1では角加速度AXが第1のしきい値AXT1を超えているので、第1実施例で説明したようにトルク制限が強化され、図7(B)に示したようなトルク制限マップとなる。この結果、第2のモータMG2のトルクが制限されて、回転数Nは直ちに低下し、角加速度AXは第1のしきい値AXT1以下の小さな値となる。しかし、その後は上述した緩和条件

(M1a)～(M1c)が待機期間Δt(図6)だけ継続しないので、トルク制限マップは図7(B)の状態のまま維持される。図12(B)の時刻t3以降では、モータトルクが制限されているにも拘わらず、タイヤの擦り減り方や路面の状況などの原因によって、トルク制限が不十分になっている。従って、時刻t3以降は、図12(A)に示すように、スリップが停止せずに、モータ回転数Nが徐々に増加していつてしまうことになる。

【0097】このように、スリップが停止せずにモータ回転数Nが増加してゆくことを防止するために、第2実施例では、まず以下のスリップ検出条件S2を用いてスリップを検出して、モータ回転数の上限値を用いたトルク制限を行う。

【0098】(S2)角加速度AXが第2のしきい値AXT2以上で、かつ、モータ回転数Nがグリップ時回転数Ngrpに40rpmを加算した値(Ngrp+40)よりも大きい。

【0099】ここで、グリップ時回転数Ngrpとは、図12(A)、(B)に示されているように、角加速度AXが第2のしきい値AXT2(=10[rpm/16ms])を超える直前の時刻t0における回転数の値を意味する。「グリップ時回転数」という用語は、スリップ前に車輪が路面をグリップしているときの回転数、という意味である。なお、グリップ時回転数Ngrpとしては、他の時点における値を採用してもよく、一般に、角加速度AXが第2のしきい値AXT2を超える際の特定の時点における回転数の値を採用することが可能である。

【0100】上記のスリップ検出条件S2が満足されているときには、スリップが発生しており、モータ回転数Nがスリップ直前の値Ngrpから徐々に増大している。そこで、この場合にはモータ回転数Nの上限値を用いたトルク制限を行う。

【0101】図13は、第2実施例において設定される

モータ回転数の上限値と、これに関連付けられたトルク制限とを示す説明図である。図13(A)に示すように、第2のモータMG2の回転数の上限値Nmaxは、グリップ時回転数Ngrpに応じて以下のように決定される。

【0102】(1) Ngrpが1000rpm以下のとき：
 $N_{max} = 1400 \text{ rpm}$

(2) Ngrpが1000rpmを超えると： $N_{max} = N_{grp} + 800 \text{ rpm}$

【0103】これらの回転数上限値Nmaxは、デファレンシャルギア114(図1)の過回転を防止することも考慮して決定されている。すなわち、左右の車輪の回転数に大きな差がある場合には、デファレンシャルギア114が過回転してしまう可能性がある。これに対して、第2のモータMG2の回転数Nに上記(1)、(2)のような上限値Nmaxを設定すれば、仮に左右の車輪の回転数に大きな差がある場合にも、デファレンシャルギア114の回転数はある程度の範囲に収まることになる。この結果、デファレンシャルギア114の過回転を防止することが可能である。

【0104】トルク制限は、図13(B)に示すトルク制限割合Rtrを用いて行われる。この例では、トルク制限割合Rtrは、モータ回転数上限値Nmaxと実行回転数Nc(現在の回転数)との差分である回転数余裕(Nmax-Nc)に応じて設定される。ここで、トルク制限割合Rtrとは、トルク制限マップの上限値Tmaxに乘じられる値であり、実際のトルク上限値は(Tmax×Rtr)で与えられる。すなわち、第2のモータMG2のトルクの実際の上限値としては、図6および図7に示したようなトルク制限マップの上限値Tmaxに、この割合Rtrを乗じた値(Tmax×Rtr)が使用される。

【0105】回転数余裕が500rpm以上のときには制限割合Rtrは100%であり、トルク上限値としては図6、図7に示した上限値Tmaxがそのまま使用される。一方、回転数余裕が500rpm以下のときには、制限割合Rtrが回転数余裕に比例した値となるので、実際のトルク上限値(Tmax×Rtr)もこれに応じて調整される。従って、第2のモータMG2の実行回転数Ncがその上限値Nmaxに近いときには、実際のトルク上限値は小さな値に抑制される。この結果、実行回転数Ncが上限値Nmaxを超えないように第2のモータMG2が制御される。なお、実行回転数Ncがその上限値Nmaxを超えているとき(すなわち回転数余裕が負のとき)には、実際のトルク上限値Tmax×Rtrはゼロになるので、その回転数Nが増加することを防止することができる。

【0106】モータ回転数によるトルク制限は、次の解除条件(M2a)～(M2c)がすべて成立した場合に解除される。

【0107】(M2a) 現行回転数Ncがグリップ時回転数Ngrpに40rpmを加算した値(Ngrp+40)以

下である。

(M2b) 角加速度AXの絶対値が5 [rpm/16ms] 未満である。

(M2c) 前輪と後輪の回転数の差が所定の許容値以下である。

【0108】これらの解除条件M2a～M2cのすべてが所定の期間(例えば500ms)以上成立した場合には、スリップが停止したと判断され、モータ回転数制限によるトルク制限が解除される。

【0109】このように、第2実施例では、第2のモータMG2の回転数を制限するようにそのトルクを制御するようにしたので、スリップが継続して第2のモータMG2の回転数やデファレンシャルギア114の回転数が過度に増大してしまう現象を防止することが可能である。

【0110】なお、モータ回転数の制限によるトルク制限は、図7で説明したトルク制限の強化が行われないような場合に特に有効である。従って、第2実施例において使用される第2のしきい値AXT2は、第1実施例における第1のしきい値AXT1よりも小さな値とすることが好ましい。

【0111】F. スリップ制御の第3実施例：第3実施例では、第2実施例におけるモータトルクの制御に加えて、特定の条件下でエンジン150をアイドリング状態で運転することによって、駆動軸の過回転を抑制する。

【0112】図14は、第3実施例において設定されるアイドリング運転移行領域の範囲を示す説明図である。ここで、アイドリング運転移行領域とは、エンジン150を強制的にアイドリング状態に移行させる領域を意味する。次の条件(S3)が成立したときには、マスタ制御CPU272は、エンジン150をアイドリング状態で動作させる。

【0113】(S3) モータの実行回転数Ncが上限値Nmaxに200rpmを加算した値(Nmax+200)を超えている。

【0114】この条件S3が成立しているときには、モータトルクをゼロにしても、エンジン150からのトルクによって車軸112が駆動されるので、モータ回転数が低下せず、スリップも停止しない可能性がある。そこで、このような場合に、エンジン150を強制的にアイドリング状態で運転すれば、モータ回転数を低下させてスリップを停止させることができる。なお、「強制的にアイドリング状態で運転する」という文言は、アクセル開度が0で無い場合にも、アイドリング状態で運転するという意味である。

【0115】この強制アイドリング運転は、次の解除条件(M3a)、(M3b)のうちの少なくとも一方が成立した場合に解除される。

【0116】(M3a) モータMG2の現行回転数Ncがグリップ時回転数Ngrpから500rpmを減算した値

(Ngrp-500) 未満である。

(M3b) 角加速度AXが0以下である。

【0117】これらの解除条件(M3a)、(M3b)のうちの一方が成立していれば、スリップが停止していると判断することができる。従って、この場合にはエンジン150の出力の増加を許容することによって、運転性能を向上させることが好ましい。

【0118】ところで、車両の後退時にスリップしたときにも、エンジン150を強制的にアイドリング状態に移行させることが好ましい場合がある。本実施例のハイブリッド車両では、後退時の駆動力は主に第2のモータMG2の力行によって得られており、このとき、エンジン150の動力は第1のモータMG1によってほとんど回生される。後退時にスリップすると、第2のモータMG2の回転数Nにハンチングが生じ、このために第1のモータMG1によって回生される電力もハンチングすることがある。このとき、エンジン150は、回生電力量を一定に保つように制御されるので、エンジン150の運転状態にもハンチングが生じてしまうことになる。

【0119】そこで、マスタ制御CPU272は、後退時において、第2のモータMG2の角加速度AXが20 [rpm/16ms]を超えている場合には、スリップが生じているものと判断し、エンジン150を強制的にアイドリング状態に移行させる。こうすることによって、スリップを停止し、エンジン150のハンチングを防止することが可能である。

【0120】なお、後退時におけるエンジンの強制アイドリング運転は、例えば車両が停止したときに解除される。また、特定の解除条件(スリップ停止条件)が成立したときにも、強制アイドリング運転が解除される。

【0121】このように、第3実施例では、所定のスリップ検出条件が成立したときに、エンジン150を強制的にアイドリング状態で運転するので、駆動軸の過回転やエンジンのハンチングなどを防止することが可能である。

【0122】G. スリップ制御の第4実施例：上述した第1ないし第3実施例は、スリップを停止させるための制御(いわゆるトラクション制御)であるが、状況によってはスリップを停止させたくない場合もある。例えば、雪道や泥道などのような悪路の窪地から脱出する場合などには、ある程度スリップを許容する必要が生じる。そこで、第4実施例では、第1実施例で説明したスリップ制御において、所定のスリップ許容条件が成立したときには、スリップを許容するように制御を行う。

【0123】図15は、トルク制限の強化時におけるトルク軸の最大移動量 δ_{max} と、アクセル開度との関係を示すグラフである。ここで、トルク軸の最大移動量 δ_{max} は、図7(A)～(E)で説明したトルク制限の強化時に使用される値である。図15に示されているように、アクセル開度AOPが0%(全閉)～80%の間

は、トルク軸の最大移動量 δ_{\max} は初期値(35[rpm/16ms])に保たれる。従って、運転者がアクセルペダルをあまり踏み込んでいない場合には、第1実施例で説明したスリップ制御が行われる。この理由は、運転者がアクセルペダルをあまり踏み込んでいない場合には、意図せずにスリップが発生したと考えられるからである。

【0124】一方、アクセル開度AOPが80%~100%(全開)の間は、アクセル開度AOPが増大するに当たって、トルク軸の最大移動量 δ_{\max} が初期値(35[rpm/16ms])から0に直線的に減少している。こうすれば、悪路の窪地から脱出するときに運転者がアクセルペダルを踏み込んでいる場合には、トルク軸がほとんど移動せずに、図5に示した初期状態に保たれる。従って、車輪がスリップして第2のモータMG2の角加速度AXがかなり増大しても、第2のモータMG2からある程度のトルクが出力される。この結果、スリップが許容されて悪路の窪地から脱出することが可能になる。

【0125】なお、図15のグラフは例示であり、一般には、アクセル開度AOPが100%に近い所定の範囲にあるときに、アクセル開度AOPに応じてトルク制限の度合いを調整するようにすればよい。

【0126】図16は、第1ないし第4実施例で説明したスリップ制御をすべて採用した場合に、悪路から脱出する際の各種パラメータの変化の一例を示すグラフである。図16(a)に示すように運転者がアクセル開度AOPがほぼ100%になるまでアクセルを踏み込むと、第2のモータMG2のトルクが増加し(図16

(c))、第2のモータMG2の回転数Nも増加する(図16(d))。しかし、アクセル開度AOPがほぼ100%の場合には、図15で説明したようにトルク軸の最大移動量 δ_{\max} は0に設定され(図16(e))、トルク制限マップは図5に示したまま保たれる。図5のトルク制限マップを使用しても、角加速度AXが大きいときには第2のモータMG2のトルクが制限されるので、モータトルクは低下する。また、図13で説明したように、モータ回転数Nの上限値によってもモータトルクがさらに制限される。この結果、第2のモータMG2の実行トルクは比較的小さな値に保たれるので、運転者の意図の通りスリップが発生するが、モータ回転数Nは過度に上昇することは回避できる。なお、図16の例では示されていないが、第2のモータMG2の回転数Nが図14で説明したアイドリング運転移行領域に入った場合には、エンジン150がアイドリング状態で運転される。

【0127】このように、第4実施例では、運転者がアクセルペダルを踏み込んでいるときには、他の条件に拘わらずトルク制限を緩和するようにしたので、ある程度スリップを許容して、悪路から脱出することが可能である。

【0128】なお、アクセル開度AOPに応じてトルク

制限を緩和する代わりに、運転者が特定のトルク制御オフスイッチを操作することによって、図15においてアクセル開度AOPが100%のときと同様の制御を行うようにしてもよい。

【0129】H. 変形例：なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0130】H1. 変形例1：上記各実施例では、動力分割機構としてプラネタリギアを用いて、エンジンの動力を車軸と第1のモータMG1とに分配するいわゆる機械分配式のハイブリッド車両について説明したが、本発明は、プラネタリギアを用いずにモータ/ジェネレータを用いて電氣的にエンジンの動力を分配するいわゆる電気分配式のハイブリッド車両にも適用可能である。電気分配式のハイブリッド車両については、例えば本出願人により開示された特開平9-46965号公報に開示されているので、ここではその説明は省略する。

【0131】また、本発明は、ハイブリッド車両以外の他の車両にも適用可能である。すなわち、本発明は、一般に、車輪を駆動するための少なくとも1つの原動機を用いた車両に適用可能である。但し、上記実施例のハイブリッド車両のように、車両の駆動軸にモータの出力軸が結合されているような車両では、モータによる駆動軸のトルク制御の応答性が高いので、スリップ制御をより効率的に行うことが可能である。

【0132】H2. 変形例2：上記各実施例では、トルク制限の強化と緩和は一定周期で徐々に行われていたが、トルク制限の強化と緩和のうちの少なくとも一方を1回で行うようにしてもよい。但し、トルク制限の強化と緩和を徐々に行うようにすれば、スリップの再発生をより効率的に防止できるという利点がある。

【0133】H3. 変形例3：上述した各実施例で使用された種々のパラメータの値は、単なる例示であり、これらの例示以外の種々の値を使用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例としてのハイブリッド車両の全体構成を示す説明図。

【図2】制御システム200のより詳細な構成を示すブロック図。

【図3】スリップ制御に関係する回路構成を示すブロック図。

【図4】アクセル開度AOPに応じて設定されたトルク指令値/車速マップの一例を示す説明図。

【図5】通常運転時における第2のモータMG2のトルク制限マップを示すグラフ。

【図6】モータ角加速度の変化に応じたトルク制限の強化と緩和の一例を示す説明図。

【図7】図6の期間P1におけるトルク制限の強化の様

子を示す説明図。

【図8】トルク制限の強化を行わない場合の各種パラメータの変化の一例を示すグラフ。

【図9】第1実施例によるトルク制限の強化を行った場合の各種パラメータの変化の一例を示すグラフ。

【図10】第1実施例におけるトルク制限の強化の第1の変形例を示す説明図。

【図11】第1実施例におけるトルク制限の強化の第2の変形例を示す説明図。

【図12】第2のモータMG2の回転数Nと角加速度AXの変化の一例を示すグラフ。

【図13】第2実施例において設定されるモータ回転数の上限値と、これに関連付けられたトルク制限とを示す説明図。

【図14】第3実施例において設定されるアイドリング運転移行領域の範囲を示す説明図。

【図15】第4実施例において設定されるトルク軸の最大移動量 δ_{\max} とアクセル開度との関係を示すグラフ。

【図16】第1ないし第4実施例で説明したスリップ制御を行った場合の各種パラメータの変化の一例を示すグラフ。

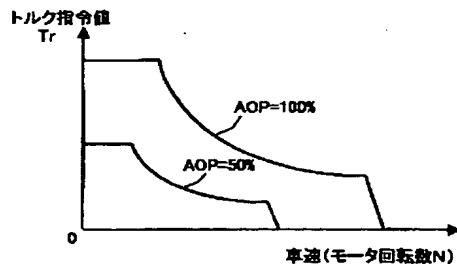
【符号の説明】

1 1 2 …車軸
1 1 4 …デファレンシャルギヤ
1 1 6 R, 1 1 6 L …車輪
1 1 9 …ケース
1 2 0 …プラネタリギヤ（動力分割機構）
1 2 1 …サンギヤ
1 2 2 …リングギヤ
1 2 3 …プラネタリピニオンギヤ
1 2 4 …プラネタリキャリア
1 2 5 …サンギヤ軸
1 2 6 …リングギヤ軸
1 2 7 …プラネタリキャリア軸

1 2 9 …チェーンベルト
1 3 0 …ダンパ
1 3 1 …三相コイル
1 3 2 …ロータ
1 3 3 …ステータ
1 4 1 …三相コイル
1 4 2 …ロータ
1 4 3 …ステータ
1 4 4 …回転数センサ
1 4 9 …バッテリー
1 5 0 …エンジン
1 5 6 …クランクシャフト
1 6 3 …ブレーキセンサ
1 6 5 …アクセルセンサ
1 6 7 …シフトポジションセンサ
1 9 1, 1 9 2 …駆動回路
1 9 4 …バッテリー
1 9 6 …バッテリーセンサ
2 0 0 …制御システム
2 1 0 …メインECU
2 1 2, 2 1 4 …双方向通信配線
2 2 0 …ブレーキECU
2 3 0 …バッテリーECU
2 4 0 …エンジンECU
2 6 0 …モータ制御部
2 6 2 …モータ主制御CPU
2 6 4, 2 6 6 …モータ制御CPU
2 7 0 …マスタ制御部
2 7 2 …マスタ制御CPU
2 7 2 a …角加速度決定部
2 7 2 b …トルク制御部
2 7 4 …電源制御回路
2 8 0 …異常履歴登録回路
2 8 2 …EEPROM

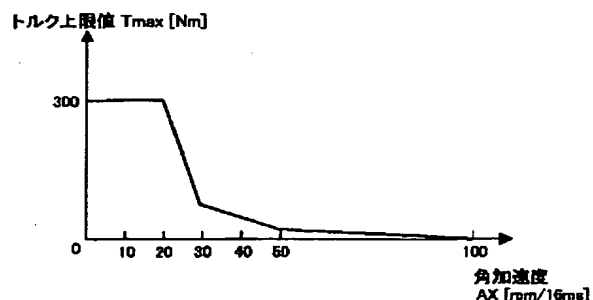
【図4】

アクセル開度AOPに応じたトルク指令値/車速マップ

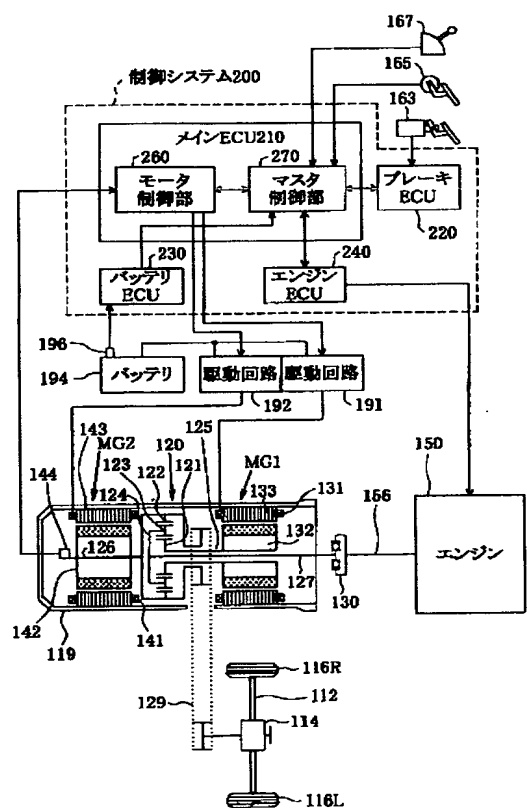


【図5】

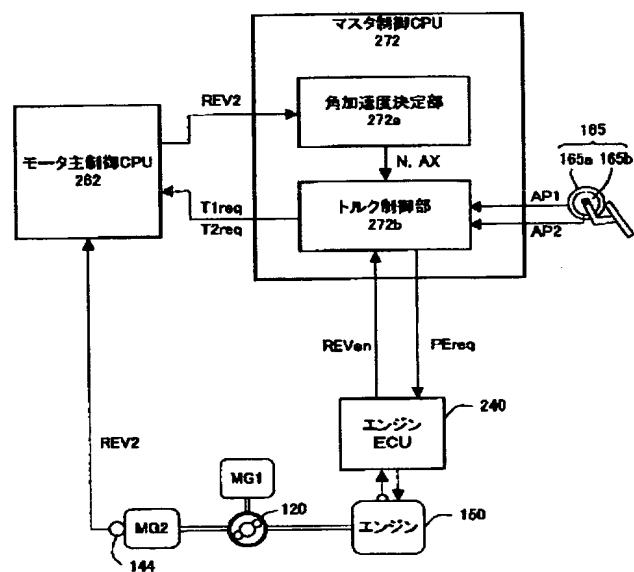
通常運転時における第2のモータMG2のトルク制限



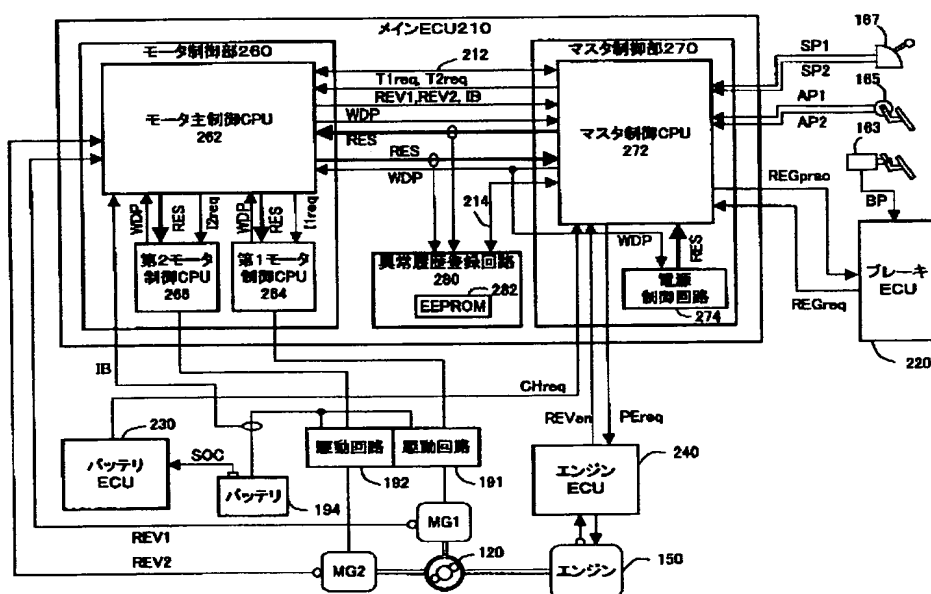
【図1】



【図3】

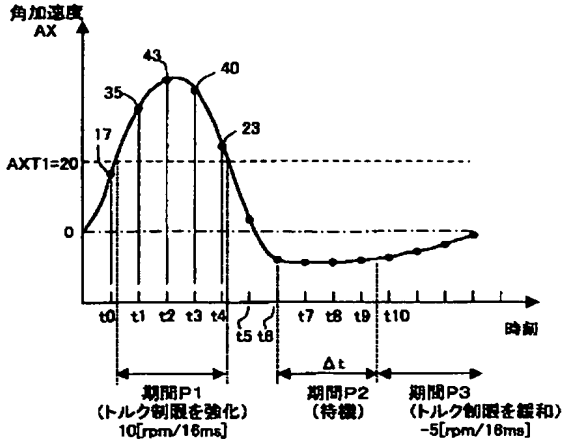


【図2】



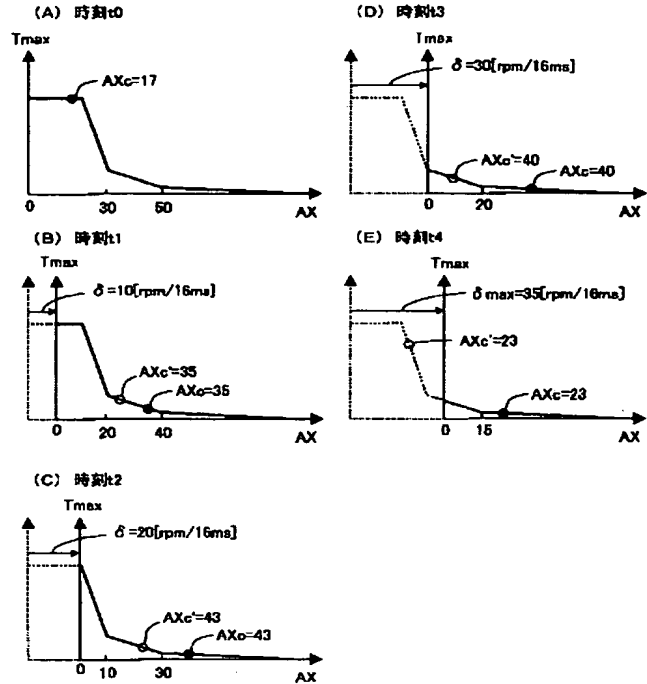
【図6】

モータ角加速度の変化に応じたトルク制限の強化と緩和

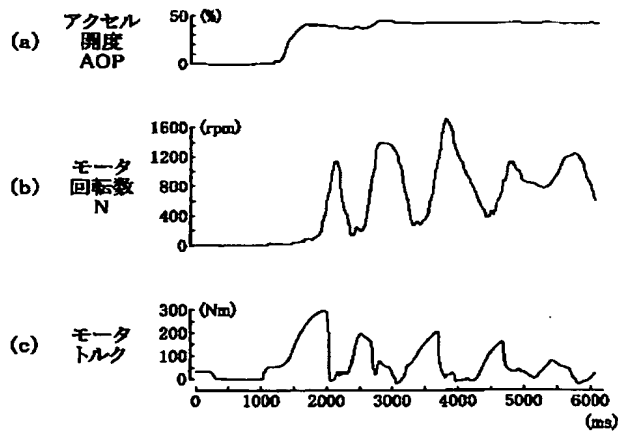


【図7】

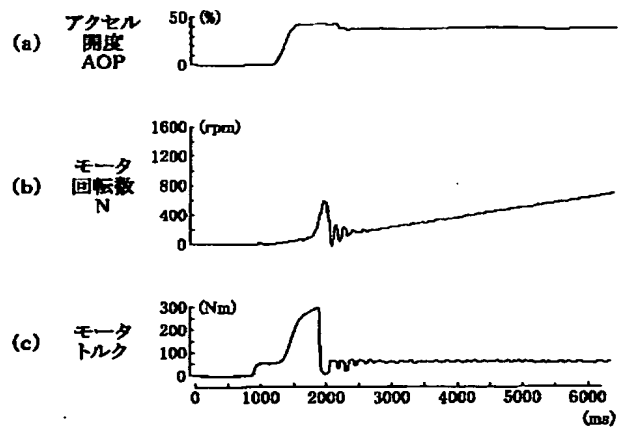
トルク制限の強化



【図8】

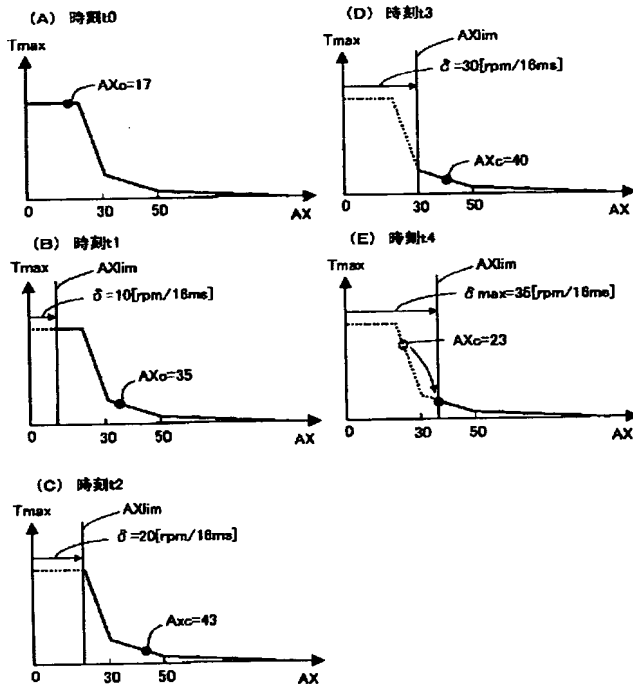


【図9】



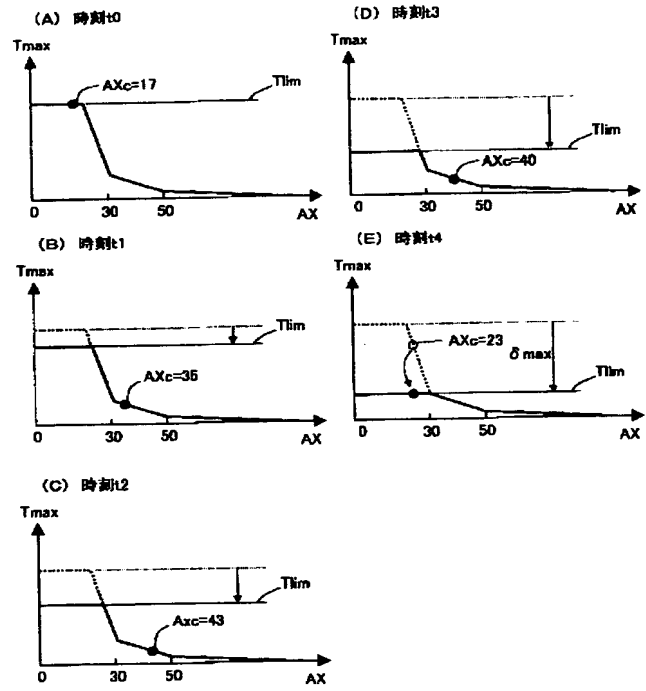
【図10】

トルク制限の強化の第1変形例



【図11】

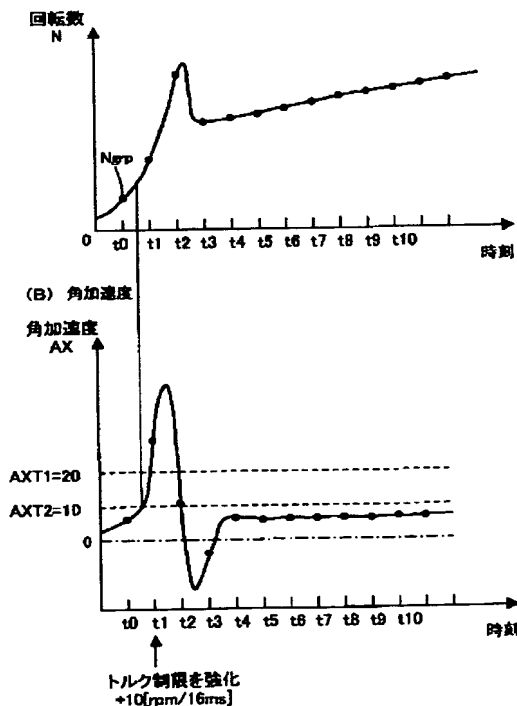
トルク制限の強化の第2変形例



【図12】

スリップの検出

(A) モータ回転数

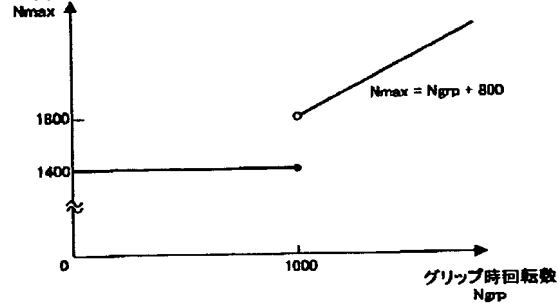


【図13】

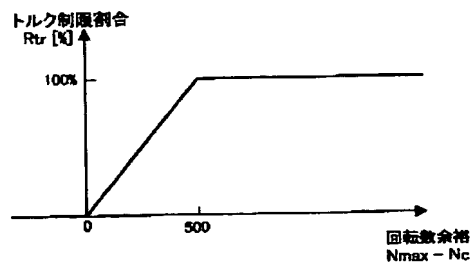
スリップ検出時のモータ回転数とトルクの制限

(A) モータ回転数制限

モータ回転数上限値

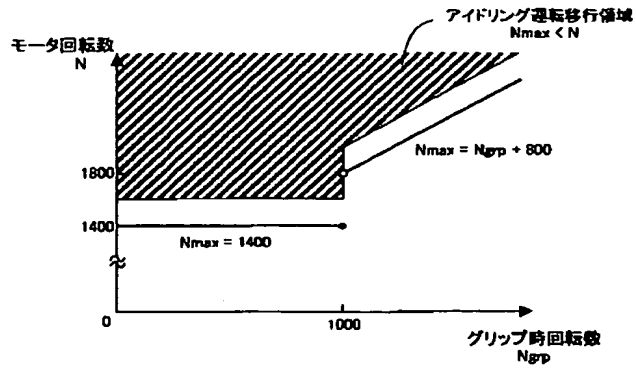


(B) トルク制限

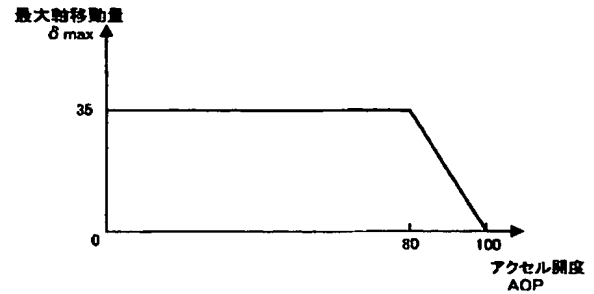


【図14】

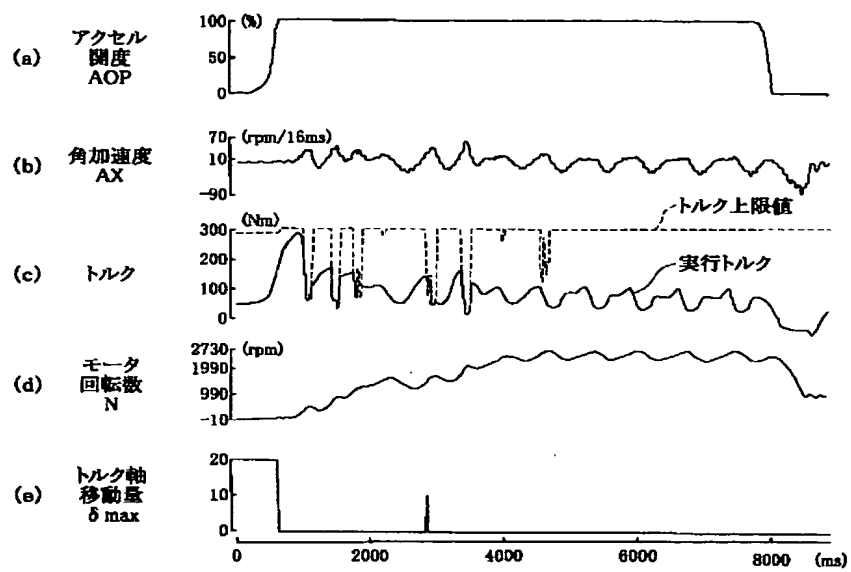
エンジンのアイドリング運転への移行



【図15】

トルク制限の強化時の最大軸移動量 δ_{max} とアクセル開度

【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D037 FA23 FB00 FB01
3G093 AA07 BA01 CA04 DA06 DB02
EB02
5H115 PA01 PA08 PC06 PG04 PI16
PI24 PI29 P002 P006 P017
PU10 PU24 PU25 PV09 PV23
QE02 QE03 QE10 QE12 QE13
QE15 QI04 QI07 QI13 QN03
QN06 QN09 QN24 RB08 RE05
SE04 SE05 SE06 SE08 TB01
TB03 TE02 TI02 T021 T023
T026 T030 TZ07 UB05